

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN- TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE
AGUAS PLUVIALES PARA AHORRAR AGUA POTABLE EN LA CIUDAD
UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN –
MORALES**

TESIS
PRESENTADA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

POR:

BACH. : DANIEL FASABI DEL AGUILA

ASESORA : ING. MG. PEGGY GRANDEZ RODRIGUEZ

TOMO I

TARAPOTO – PERÚ
2017



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

Ciudad Universitaria-Distrito de Morales.
Telefax: 521402-Anexo 119. E-mail:Fica@unsm.edu.pe



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

En el Distrito de Morales, a las... 11:00 ... horas del día viernes 14 de julio del año dos mil diecisiete, se reunieron en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura – Ciudad Universitaria – Morales, los miembros del Jurado Calificador: **Ing. DANIEL DÍAZ PÉREZ - Presidente**, **Ing. ERNESTO ELISEO GARCÍA RAMÍREZ - Secretario** e **Ing. CARLOS ENRIQUE CHUNG ROJAS - Miembro**, así también se contó con la presencia de su **Asesora Ing. PEGGY GRÁNDEZ RODRÍGUEZ** con el objetivo de escuchar la sustentación y calificación de la Tesis Titulada:

DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN - MORALES a cargo del Bachiller **DANIEL FASABI DEL ÁGUILA** con el fin de obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil y dando cumplimiento a lo dispuesto por el **Circular N° 028-2017-UNSM/FICA-D** de fecha 07 de julio del 2017 de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Escuchada la Sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, los señores miembros del Jurado Calificador de Tesis, después de debatir entre sí, reservada y libremente, declararon aprobado con el calificativo de Dieciséis (16)

A continuación, el Presidente del Jurado Calificador hizo saber al sustentante el resultado de la Sustentación, con el cual se dio por terminado el acto, levantándose la presente Acta por cuadruplicado, siendo las... 12:30 ... horas del mismo día, la misma que fue suscrita y transcrita al Libro de Sustentaciones de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura - Escuela Profesional de Ingeniería Civil, los que en ella intervinieron.



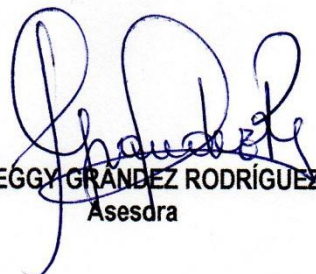
Ing. DANIEL DÍAZ PÉREZ
Presidente



Ing. ERNESTO ELISEO GARCÍA RAMÍREZ
Secretario



Ing. CARLOS ENRIQUE CHUNG ROJAS
Miembro



Ing. PEGGY GRÁNDEZ RODRÍGUEZ
Asesora

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN- TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“DISEÑO HIDRÁULICO DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES PARA AHORRAR AGUA POTABLE EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN – MORALES”.

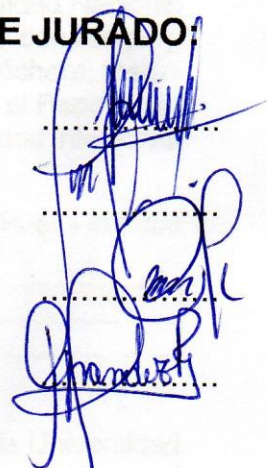
TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

Por:

BACH. Daniel Fasabi del Aguila

SUSTENTADA Y APROBADA ANTE EL HONORABLE JURADO:

Presidente: ING. Daniel Díaz Pérez
Secretario: ING. Ernesto Eliseo García Ramírez
Miembro: ING. Carlos Enrique Chung Rojas
Asesora: ING. Mg. Peggy Grandez Rodriguez



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Fasabi del Aguila, Daniel		
Código de alumno :	173147	Teléfono:	993 930682
Correo electrónico :	danielfasabida@hotmail.com		DNI: 71887308

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título :	Diseño Hidráulico de un Sistema de Aprovechamiento de Aguas Pluviales para Ahorrar Agua Potable en la ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Martín - Morales
Año de publicación:	

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado por la Biblioteca Central

Fecha de recepción del documento por el Sistema de Bibliotecas:

26 / 12 / 2017



.....
Firma de Unidad de Biblioteca

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

**** Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.



DECLARACIÓN JURADA

Yo, Daniel Fasabi del Aguila.....identificada con DNI
N° 71887308....., domicilio legal Av. Manco Inca N° 680, a efecto
de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados
y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de
San Martín-Tarapoto, DECLARO BAJO JURAMENTO, que todos los documentos,
datos e información de la presente tesis y/o Informe de Ingeniería, son auténticos y
veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad,
ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por
lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad
Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 14 de Setiembre 2017...


.....
FIRMA


.....
HUELLA DIGITAL

DEDICATORIA

“Cuando realmente desees algo, entonces ve y trabaja para conseguirlo, porque lo único que cae del cielo es la lluvia”. Este trabajo se lo dedico a mis padres Dalia y Gildemestre, que son un ejemplo de perseverancia y superación.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Dalia y Gildemestre, hermanos Miguel y Placido, asesora Peggy, amigos y todos los profesores y maestros que en algún momento y de alguna forma contribuyeron para que este sueño se materialice.

ÍNDICE

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTOS	IV
INDICE DE CUADROS	VII
INDICE DE FIGURAS	XII
INDICE DE ESQUEMAS	XII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO (O REVISIÓN DE LITERATURA)	4
2.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver. .	4
2.1.1. Antecedentes	4
2.1.2. Planteamiento.	5
2.1.3. Delimitación.....	5
2.1.4. Formulación	6
2.2. OBJETIVOS	6
2.2.1. Objetivo general	6
2.2.2. Objetivo específico	6
2.3. Justificación e importancia del problema.	7
2.4. Delimitación de la Investigación	8
2.5. Marco Teórico.....	8
2.5.1. Antecedentes de la Investigación	8
2.5.2. Marco Teórico o Fundamentación Teórica de la Investigación.	15
2.5.3. Marco Conceptual: terminología básica.....	36
2.5.4. Marco Histórico	38
2.6. Hipótesis a demostrar.	40
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42

3.1. Materiales.....	42
3.1.1. Recursos Humanos:.....	42
3.1.2. Recursos Materiales:	42
3.1.3. Recursos de Equipos:	42
3.1.4. Otros Recursos:	42
3.2. Metodología.....	42
3.2.1. Universo, Muestra Población.....	42
3.2.2. Sistema de Variables	42
3.2.3. Diseño de la investigación.....	43
3.2.4. Diseño de instrumentos.....	43
3.2.5. Procesamiento de información.	44
IV. RESULTADOS	91
4.1. Usos en los que el agua de lluvia puede reemplazar al agua potable dentro de la ciudad universitaria de la UNSM.	91
4.2. Demanda.	91
4.1. Área de Captación.	91
4.2. Oferta.	91
4.3. Potencial de ahorro de Agua Potable.....	92
4.4. Diseño Hidráulico del Sistema de Aprovechamiento de Aguas Pluviales.....	95
V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	96
5.1. Usos en los que el agua de lluvia puede reemplazar al agua potable dentro de la ciudad universitaria de la UNSM.	96
5.2. Demanda	96
5.3. Áreas de Captación	97
5.4. Oferta	97
5.5. Potencial de Ahorro de agua potable.	99
5.6. Diseño del sistema de suministro de agua de lluvia.....	100
5.7. Contrastación de la hipótesis:	101

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	102
VII. BIBLIOGRAFÍA	105
VIII. ANEXOS	107
8.1. ANEXO N° 01: PANEL FOTOGRÁFICO.....	107
8.2. ANEXO N° 02: CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN Y SISTEMA DE SUMINISTRO INDIRECTO EN TODOS LOS SISTEMAS PLANTEADOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA.	116
8.3. ANEXO N° 03: CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN NETA	TOMO II
8.4. ANEXO N° 04: CÁLCULO DEL VOLUMEN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE DE TODOS LOS SISTEMAS PLANTEADOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA.	TOMO II
8.5. ANEXO N° 05: PLANOS DE TODOS LOS SISTEMAS PLANTEADOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA	TOMO II

INDICE DE CUADROS

CUADRO N°

2.01. VALORES DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm), CONSIDERANDO UN MISMO MES, OBSERVADOS EN ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA, CON DIFERENTES NÚMEROS DE AÑOS DE OBSERVACIÓN	22
2.02. NUEVO ORDENAMIENTO DE LOS VALORES DE LA TABLA N° 01 Y VALORES DE PROBABILIDAD CALCULADOS PARA CADA VALOR, POR MEDIO DE LA RELACIÓN DESCRITA.....	22
2.03. COEFICIENTES DE ESCORRENTIA	25
2.04. DOTACIÓN DE AGUA PARA LOCALES EDUCACIONALES	28
2.05. DIMENSIONES DE UN TANQUE CISTERNA MARCA ROTOPLAS.....	34
3.01. VARIABLES DEL ESQUEMA DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL	43
3.02. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2007, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	45
3.03. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2008, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	45

3.04. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2009, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	46
3.05. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2010, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	46
3.06. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2011, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	47
3.07. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2012, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	47
3.08. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2013, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	48
3.09. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2014, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	48
3.10. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2015, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	49
3.11. PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2016, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	49
3.12. PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm) DEL 2007 AL 2016, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO	51
3.13. CÁLCULO DE LA VARIACIÓN ESTANDAR (Sx) Y EL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD (Yx)	51
3.14. CÁLCULO DE LA DOTACIÓN DIARIA PARCIAL DE AGUA EN SANITARIOS	52
3.15. CÁLCULO DE LA DOTACIÓN DIARIA DE AGUA EN RIEGO DE VIVEROS	52
3.16. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FCA	54
3.17. DEMANDA MENSUAL EN LA FCA (m ³)	54
3.18. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FIAI	55
3.19. DEMANDA MENSUAL EN LA FIAI (m ³)	55
3.20. TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN TARAPOTO	56
3.21. PORCENTAJE DE HORAS LUZ DIARIAS	56
3.22. CÁLCULO DEL USO CONSUNTIVO PARA EL RIEGO DE GRAS NATURAL	56
3.23. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN EL RIEGO DE GRAS NATURAL EN EL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA	57
3.24. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LOS SERVICIOS HIGIENICOS DEL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA.	58
3.25. DEMANDA MENSUAL EN LOS SS.HH. DEL COMPLEJO DEPOR. (m ³)	58

3.26. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FCE	59
3.27. DEMANDA MENSUAL EN LA FCE. (m ³)	59
3.28. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LOS LABORATORIOS DE PROCESOS TECNOLÓGICOS AGROINDUSTRIALES DE LA FIAI	59
3.29. DEMANDA MENSUAL EN LOS LAB. DE PROCESOS TECNOLÓGICOS AGROINDUSTRIALES DE LA FIAI (m ³)	60
3.30. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO	61
3.31. DEMANDA MENSUAL EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO (m ³)	61
3.32. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FICA	61
3.33. DEMANDA MENSUAL EN LA FICA (m ³)	62
3.34. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FACULTAD DE DERECHO	62
3.35. DEMANDA MENSUAL EN LA FD (m ³)	63
3.36. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN VIDEO CONFERENCIAS	63
3.37. DEMANDA MENSUAL EN VIDEO CONFERENCIAS (m ³)	64
3.38. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LOS LABORATORIO DE FORMACIÓN GENERAL Y FACULTAD DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES.....	64
3.39. DEMANDA MENSUAL EN LOS LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH (m ³)	65
3.40. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FCS	65
3.41. DEMANDA MENSUAL EN LA FCS (m ³)	66
3.42. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FISI	66
3.43. DEMANDA MENSUAL EN LA FISI (m ³)	67
3.44. CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA ODRA	67
3.45. DEMANDA MENSUAL EN ODRA (m ³)	67
3.46. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FCA	69
3.47. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FIAI	69
3.48. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN EL COMPLEJO DEPORTIVO - CIUDAD UNIVERSITARIA	69
3.49. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS	69

3.50. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LABORATORIO DE PROCESOS TECNOLOGICOS AGROINDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL	70
3.51. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO	70
3.52. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA	70
3.53. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FACULTAD DE DERECHO	70
3.54. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN VIDEO CONFERENCIAS	71
3.55. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN EL LABORATORIO DE FORMACIÓN GENERAL Y FACULTAD DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES	71
3.56. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD	71
3.57. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA	71
3.58. SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA ODRA	71
3.59. OFERTA MENSUAL EN LA FCA (m ³)	72
3.60. OFERTA MENSUAL EN LA FIAI (m ³)	72
3.61. OFERTA MENSUAL EN EL COMPLEJO DEPORTIVO (RIEGO) (m ³)	72
3.62. OFERTA MENSUAL EN EL COMPLEJO DEPORTIVO (SS.HH.) (m ³)	73
3.63. OFERTA MENSUAL EN LA FCE (m ³)	73
3.64. OFERTA MENSUAL EN LOS L.P.T.A. DE LA FIAI (m ³)	73
3.65. OFERTA MENSUAL EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO (m ³)	74
3.66. OFERTA MENSUAL EN LA FICA (m ³)	74
3.67. OFERTA MENSUAL EN LA FD (m ³)	75
3.68. OFERTA MENSUAL EN VIDEO CONFER. (m ³)	75
3.69. OFERTA MENSUAL EN EL L.F.G. Y FEH. (m ³)	76
3.70. OFERTA MENSUAL EN LA FCS. (m ³)	76
3.71. OFERTA MENSUAL EN LA FISI. (m ³)	77
3.72. OFERTA MENSUAL EN LA ODRA. (m ³)	77
3.73. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FCA. (m ³)	77
3.74. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FIAI. (m ³)	78
3.75. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN EL COMPLEJO DEPORTIVO (m ³)	78
3.76. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FCE. (m ³)	78

3.77. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN EL LAB. DE PROCES. TECN. AGROIND. DE LA FIAI. (m ³)	78
3.78. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN COMEDOR UNIVERSITARIO (m ³)	78
3.79. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FICA. (m ³)	78
3.80. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FD. (m ³)	78
3.81. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN VIDEO CONFERENCIAS (m ³)	78
3.82. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN EL LABORATORIO DE FORMACIÓN GENERAL. Y FEH. (m ³)	79
3.83. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FCS. (m ³)	79
3.84. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FISI. (m ³)	79
3.85. TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA ODRA. (m ³)	79
3.86. RESUMEN DE TANQUES INTERCEPTORES DE PRIMERAS AGUAS EN TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNSM (m ³)	79
3.87. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FCA. (m ³)	88
3.88. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FIAI. (m ³)	88
3.89. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA (RIEGO). (m ³)	88
3.90. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA (SS.HH.). (m ³)	88
3.91. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FCE (m ³)	88
3.92. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL LAB. DE PROC. TECN. AGROIND. DE LA FIAI (m ³)	89
3.93. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL COMEDOR	89
3.94. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FICA (m ³)	89
3.95. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FACULTAD	89
3.96. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN VIDEO CONFERENCIAS	89
3.97. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LOS LAB. DE FORM. GRAL. Y FACULTAD DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES (m ³)	90
3.98. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FCS (m ³)	90
3.99. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FISI (m ³)	90
3.100. DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA ODRA	90
4.1. DEMANDA DIARIA POR SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES (m ³)	91

4.2. DEMANDA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m ³)	91
4.3. ÁREAS DE CAPTACIÓN POR SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES (m ³)	92
4.4. OFERTA ANUAL POR SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES (m ³)	93
4.5. OFERTA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA(m ³)	93
4.6. POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE (m ³)	94
4.7. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE USO DE AGUA DE LLUVIA, AGUA POTABLE Y AGUA DE OTRAS FUENTES	94
5.1. PORCENTAJE APROVECHADO DE LA OFERTA Y POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE PARA DIVERSOS VOLUMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN LA FIC	98

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°

2.01. ESQUEMA DE UN SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES.	11
2.02. ESQUEMA DE UN SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES.	13
2.03. ESQUEMA DEL CICLO HIDROLÓGICO	16
2.04. RELACIÓN ENTRE LA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (X) Y EL VOLUMEN PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN CALCULADA A PARTIR DE LA TABLA N° 2.02 ...	23
2.05. INTERCEPTOR DE LAS PRIMERAS AGUAS	26
2.06. JERARQUÍA DE LAS NECESIDADES DEL AGUA.	29
2.07. DIMENSIONES DE UN TANQUE CISTERNA ROTOPLAS	34
2.08. ESQUEMA DONDE SE TRATA DE SISTEMATIZAR LAS PRINCIPALES FORMAS DE USO DEL AGUA QUE LE DIERON LOS INCAS.	41
3.01. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL	43

INDICE DE ESQUEMAS

ESQUEMA N°

3.01. DEMANDA MENSUAL EN LA FCA (m ³)	54
3.02. DEMANDA MENSUAL EN LA FIAI (m ³)	55
3.03. DEMANDA MENSUAL PARA EL RIEGO DE GRAS NATURAL EN EL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA (m ³)	57
3.04. DEMANDA MENSUAL EN LOS SS.HH. DEL COMPLEJO DEPOR. (m ³)	58
3.05. DEMANDA MENSUAL EN LA FCE. (m ³)	59

3.06. DEMANDA MENSUAL EN LOS LAB. DE PROCESOS TECNOLÓGICOS AGROINDUSTRIALES DE LA FIAI (m ³)	60
3.07. DEMANDA MENSUAL EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO (m ³)	61
3.08. DEMANDA MENSUAL EN FICA (m ³)	62
3.09. DEMANDA MENSUAL EN FD (m ³)	63
3.10. DEMANDA MENSUAL EN VIDEO CONFER. m ³)	64
3.11. DEMANDA MENSUAL EN LOS LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH (m ³)	65
3.12. DEMANDA MENSUAL EN LA FCS (m ³)	66
3.13. DEMANDA MENSUAL EN LA FISI (m ³)	67
3.14. DEMANDA MENSUAL EN LA ODRA (m ³)	67
3.15. OFERTA MENSUAL EN LA FCA (m ³)	72
3.16. OFERTA MENSUAL EN LA FIAI (m ³)	72
3.17. OFERTA MENSUAL EN EL COMPLEJO DEPORTIVO (RIEGO) (m ³)	72
3.18. OFERTA MENSUAL EN EL COMP. DEP. (SS.HH.) (m ³)	73
3.19. OFERTA MENSUAL EN LA FCE (m ³)	73
3.20. OFERTA MENSUAL EN LOS LABORATORIOS DE PROCESOS TECNOLÓGICOS AGROINDUSTRIALES DE LA FIAI (m ³)	73
3.21. OFERTA MENSUAL EN EL COMEDOR UNIV. (m ³)	74
3.22. OFERTA MENSUAL EN LA FICA (m ³)	74
3.23. OFERTA MENSUAL EN LA FD (m ³)	75
3.24. OFERTA MENSUAL EN VIDEO CONFER. (m ³)	75
3.25. OFERTA MENSUAL EN EL L.F.G. Y FEH. (m ³)	76
3.26. OFERTA MENSUAL LA FCS. (m ³)	76
3.27. OFERTA MENSUAL LA FISI. (m ³)	77
3.28. OFERTA MENSUAL EN LA ODRA. (m ³)	77
4.1. DEMANDA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m ³)	92
4.2. OFERTA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m ³)	93
4.3. COMPARACIÓN ENTRE LA OFERTA APROVECHADA Y LA DEMANDA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m ³)	94
4.4. COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE USO DE AGUA DE LLUVIA, AGUA POTABLE Y AGUA DE OTRAS FUENTES EN TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m ³)	95

5.1. PORCENTAJE APROVECHADO DE LA OFERTA Y POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE PARA DIVERSOS VOLUMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN LA FIC	98
--	----

RESUMEN

La falta de agua potable es un problema que no solo aqueja a la provincia de San Martín, en cambio es un asunto que compete al mundo entero. A lo largo del mundo existen personas que intentan disminuir este problema fomentando el uso moderado y concienzudo del agua potable, a través del uso de válvulas para sanitarios de bajo consumo, limitando el tiempo en que una persona debe bañarse, el uso de dispositivos reductores de caudal en los grifos y urinarios, entre otros. Así como también se intenta disminuir este problema fomentando el uso de fuentes alternativas de agua como el agua subterránea, el agua de las lluvias, el agua de las neblinas, el reuso de las aguas servidas, entre otros.

El siguiente estudio es un aporte que promueve una gestión adecuada del recurso agua y que hará que los ecosistemas de nuestras fuentes de agua se alivien. El presente documento se enfoca en los siguientes aspectos: 1) la identificación de los usos en los que el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable, 2) determinación de la demanda de agua en los usos identificados, 3) determinación de la oferta de agua potable con un previo análisis de las precipitaciones pluviales de la zona y las superficies de captación disponibles, 4) análisis del potencial de ahorro de agua potable debido al uso de agua de lluvia.

Es importante resaltar que los resultados se percibirán en la economía de la ciudad universitaria de la UNSM al ahorrar agua potable, como también en la población adyacente ya que existirá mayor disponibilidad de este recurso para ellos, lo que podría significar un aumento de las horas del suministro de agua potable. Y en el caso hipotético de que en las viviendas de toda la ciudad también se recolectara agua de lluvia la disponibilidad del agua potable sería aún mucho mayor, impactando muy favorablemente a todo el ecosistema.

Por otro lado, es también propósito de este estudio plantear un diseño hidráulico que optimice este sistema de aprovechamiento de aguas pluviales con el fin de ahorrar agua potable en el mayor volumen posible, haciendo que la implementación de este sistema se vuelva económicamente factible, es decir para que la inversión realizada se recupere en un tiempo razonable.

Palabras clave: Falta, agua potable, gestión, agua de lluvia, ahorro, potencial, economía, diseño, hidráulico.

ABSTRACT

The lack of potable water is a problem that not only afflicts the province of San Martin, but is a matter for the whole world. Throughout the world there are people who try to reduce this problem by encouraging the moderate and conscientious use of drinking water, through the use of valves for low consumption sanitary, limiting the time in which a person must bathe, the use of devices reducing flow in faucets and urinals, among others. As well as trying to reduce this problem by encouraging the use of alternative sources of water such as groundwater, rainwater, mist water, reuse of wastewater, among others.

The following study is a contribution that promotes an adequate management of the water resource and that will make the ecosystems of our water sources alleviate: The present document focuses on the following aspects: 1) identification of the uses in which rainwater can effectively replace drinking water, 2) determination of water demand in identified uses, 3) determination of supply of potable water with a previous analysis of the rainfall of the area and available catchment areas, 4) analysis of the potential of saving potable water due to the use of rainwater.

It is important to emphasize that the results will be perceived in the economy of the university city of the UNSM by saving potable water, as well as in the adjacent population, since there will be a greater availability of this resource for them, which could mean an increase of the hours of the potable water supply. And in the hypothetical case that rainwater was collected in homes throughout the city, the availability of drinking water would be even greater, impacting the entire ecosystem very favorably.

On the other hand, it is also the purpose of this study to propose a hydraulic design that optimizes this system of rainwater harvesting in order to save potable water in the largest possible volume, making the implementation of this system economically feasible, i.e. so that the investment made is recovered within a reasonable time.

Keywords: Failure, drinking water, management, rainwater, saving, potential, economy, design, hydraulic.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Generalidades

La relación demanda/oferta de agua cada vez se incrementa más, y es un coeficiente que nos hace reflexionar, ya que nos propone una pregunta, ¿quién crees que es el problema?, y la respuesta gira entre la demanda o la oferta.

Pues bien, se debe resaltar que un 71 % de la superficie del planeta es agua y el restante 29 % es masa continental (OKDIARIO, 2017). Ahora bien, la superficie no equivale a la masa, por lo tanto, no podemos afirmar que la tierra sea un 71 % de agua y el resto de tierra, debemos ser un poco más específicos. Si pudiésemos unificar toda el agua en estado líquido del planeta, obtendríamos un volumen de 1386 millones de Kilómetros cúbicos, lo cual en términos de masa equivale a tan solo 1/4400 de la masa total del planeta, es decir, un 0.02 % (OKDIARIO, 2017). Por otro lado, de la cantidad total de agua, el 96.5% es agua salada y se distribuye entre los océanos, mientras que el restante 3.5% es agua dulce que se encuentra a nivel superficial en forma de ríos y arroyos, a nivel subterráneo en forma de acuíferos naturales, y en forma de hielo en los polos y cimas de montañas (OKDIARIO, 2017). Es interesante mencionar que el agua dulce representa el 0.0007 % de la masa total del planeta. Dicho de este modo es muy pequeña la cantidad de agua disponible para nosotros con respecto a todo el planeta, aclarando que nosotros solo consumimos el agua dulce.

Por otro lado, este volumen de agua disponible está muy lejos de ser constante debido a la tala indiscriminada de árboles, la contaminación de las fuentes de agua y el cambio climático.

Sobre la demanda podemos decir que la humanidad últimamente está incrementándose de forma exponencial en los últimos años. Las estadísticas lo demuestran, según la fuente del Banco Mundial en el año 1960 existían 3 035 millones de personas y en el 2015 existían 7 347 millones (Banco Mundial, 2017), lo que quiere decir que en los últimos 55 años la población creció en un 242 %.

Entonces tenemos un escenario nefasto para la humanidad ya que pronto el agua será insuficiente para satisfacer nuestras necesidades y sostener la vida como la conocemos actualmente. Pero la desinformación, la desidia y la negación de las personas hacen que la situación se agrave y se acelere.

En cuanto a quien es el problema, opino que es la actitud del hombre hacia la naturaleza, es por ello que creo que el hombre debe aprender a convivir con ella, con

políticas amigables al medio ambiente, prácticas que promuevan el uso de fuentes alternativas de energía y agua, además de la concientización con el cual debe ir simultáneamente. Desde ese punto vista, el aprovechamiento de agua potable es una práctica que apoya a la causa.

1.2. Exploración preliminar orientando la investigación.

En realidad, toda el agua que consumimos es agua proveniente de las lluvias, ya que las precipitaciones pluviales son las que alimentan de agua a los ríos, quebradas, aguas subterráneas, etc. Por otro lado, se podría decir que la precipitación pluvial es la etapa democratizadora del ciclo del agua ya que lleva agua a todos los lugares del planeta sin interesarle ningún tipo de frontera o nacionalidad.

El proceso de potabilización por el que pasa el agua se realiza con el fin de hacerle apto para el consumo humano. Las normas de salud indican que el agua debe ser potable para poder ser consumida. Es así que, en las ciudades modernas, el agua es captada por bocatomas en los ríos y es conducida a través de tuberías a una planta de potabilización desde donde se distribuye a esta por toda la ciudad.

El agua potable en las ciudades se usa de formas muy variadas, como son la preparación de alimentos, el aseo personal, en los inodoros, los urinarios y las duchas, el riego de jardines, limpieza de pisos y las miles de formas que el hombre puede encontrar para usarla. Dentro de todas estas utilidades existen algunas que en mi humilde opinión no necesitan de agua potable y que podrían ser satisfechas eficientemente con agua no tratada, esto con el fin de priorizar el agua potable para usos que si lo requieren realmente como son la preparación de alimentos, nuestra dosis diaria de agua y el aseo personal.

Es así que surge la idea de captar aguas pluviales en los techos, conducirla con tuberías a un reservorio y destinarla para usos que no requieran de agua tratada, entre los cuales están desaguar el inodoro y el urinario, el riego de jardines, la limpieza de pisos, el agua contra incendios, etc.

Se debe resaltar el hecho de que el aprovechamiento de aguas pluviales es una práctica antigua, realizada en muchas civilizaciones haciendo uso de mucha técnica, como también hay poblaciones que la aprovechan de forma rústica y no tan sofisticada. Pero también debo decir que es una práctica muy olvidada en la actualidad.

1.3. Aspectos Generales del Estudio

El diseño hidráulico de este sistema de aprovechamiento de aguas pluviales se basa

en el análisis de las precipitaciones pluviales de la zona, lo cual nos direccionara a dimensionar el tanque de almacenamiento.

El sistema de aprovechamiento de aguas pluviales como se lo denomina en esta tesis, consta de 4 partes, uno, las superficies de captación, dos, las tuberías de conducción, tres, el tanque de almacenamiento y cuatro, las tuberías de distribución.

Por otro lado, también son objetivos de este estudio la identificación de usos que se le puede dar al agua pluvial dentro de la ciudad universitaria, y también el cálculo del potencial de ahorro de agua potable, que es en pocas palabras el volumen de agua pluvial consumida por cada sistema y en toda la ciudad universitaria.

II. MARCO TEÓRICO (O REVISIÓN DE LITERATURA)

2.1. Antecedentes, planteamiento, delimitación y formulación del problema a resolver.

2.1.1. Antecedentes

El agua brota como el mayor conflicto geopolítico del siglo XXI ya que se espera que en el año 2025, la demanda de este elemento tan necesario para la vida humana sea superior que el suministro en más de la mitad. La pugna es entre quienes creen que el agua debe ser considerada un bien comerciable y quienes expresan que es un bien social relacionado con el derecho a la vida. Los alcances de la soberanía nacional y las herramientas legales son también parte de este combate.

Debemos recordar que el desarrollo de los grandes imperios de la antigüedad se debió, a que supieron utilizar el agua. Tenemos buenos ejemplos, en Roma los acueductos, el Aqua Appia, en el Tahuantinsuyo los canales, en Egipto los diques, canales y presas, entre otros. Pero tampoco debemos olvidar como es que estos imperios se derrumbaron, fue básicamente por la mala administración de sus recursos y de sus gobernantes.

El problema es que parece, que nosotros estamos dirigiéndonos por el mismo camino. Este siglo será crítico para el futuro de la humanidad, en cuanto al agua se refiere. De hecho y con el tipo de sociedad de que disponemos, no hemos sido capaces, tecnológica y socialmente hablando, de facilitar el acceso al agua a millones de personas, las cuales no tienen acceso a una fuente de agua potable, saludable y segura, además debemos agregar que en los lugares que existe el agua potable se les brinda un mal servicio, sumado al costo elevado, la racionalización de este y además la contaminación que disminuye su disponibilidad.

A medida que la población crece se necesita más agua, en el consumo personal (para la higiene personal, para mantener la salud, para lavar los alimentos, etc.), en el industrial (en el proceso de producción de gaseosa, alimentos envasados, extracción de minerales, fabricación de cemento, fabricación de acero, entre otros), en la agricultura (para la producción de más alimentos) y en la producción de energía (para la generación de la hidroenergía o para servir como elemento de refrigeración en otras formas de generación energética), así el agua se transforma en un elemento primordial, esencial e imprescindible para el desarrollo y sostenibilidad de la vida.

En la mayoría de las regiones, el problema no es la falta de agua dulce potable si no, más bien, la mala gestión y distribución de los recursos hídricos y sus métodos. La mayor parte del agua dulce se utiliza para la agricultura, mientras que una cantidad sustancial se pierde en el proceso de riego. La mayoría de los sistemas de riego funcionan de manera ineficiente, por lo que se pierde aproximadamente más de la mitad del agua que se extrae, este se evapora y vuelve al cauce de los ríos a través de la precipitación pluvial. Aquí interviene el proyecto que se plantea, puesto que el agua pluvial siempre es considerada un problema para las edificaciones, siempre tenemos que hacer un sistema de evacuación de aguas pluviales, sin embargo, esta puede ser utilizada de manera beneficiosa ante los escasos de agua potable optimizando el uso de este.

2.1.2. Planteamiento.

La relación demanda/oferta se incrementa cada vez más, debido al crecimiento exponencial de la población y la disminución de la oferta de agua disponible para nuestro consumo. Es así que en busca de minimizar la escasez de agua potable, se optó por optimizar los usos del agua potable en la actualidad, priorizando los usos en los que realmente se requiere que el agua sea potable como son el de la conservación de la salud, la preparación de los alimentos y la higiene personal.

Por otro lado, los demás usos deben ser satisfechos de alguna manera, y se pensó en reutilizar las aguas servidas, pero este proceso es más sofisticado y requiere de más presupuesto ya que el agua tendría que pasar por diversos procesos que lo purifiquen hasta el punto de poder ser reutilizable. La siguiente alternativa fue aprovechar el agua gratuita que nos brindan las aguas pluviales que, en este caso, debido al régimen pluvial con el que contamos es abundante en comparación con las regiones desérticas. Sumando que el sistema con el que se plantea aprovechar esta fuente es un tanto más factible económicamente con respecto a la anterior alternativa.

Es así que se decidió analizar en qué medida un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales puede contribuir al ahorro de agua potable. Otorgándole ventajas como un diseño hidráulico óptimo tanto del tanque de almacenamiento como de las tuberías de conducción y distribución, además también de sistemas que puedan efectivizar la distribución del agua como son el sistema indirecto o el sistema hidroneumático.

2.1.3. Delimitación.

Esta investigación se ha delimitado en los siguientes sectores; comprende la zona de la

Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Martín ubicada en el distrito de Morales, Provincia de San Martín y Departamento de San Martín; así como también, se ha delimitado desde el punto de vista espacial y temporal.

2.1.3.1. Delimitación espacial

En la presente solo se analizaron los datos pluviométricos de la estación CO “TARAPOTO” ubicada en el distrito de Tarapoto, Provincia de San Martín y Departamento de San Martín, por ser la estación meteorológica más cercana a la zona de la ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Martín. Por otro lado, cabe resaltar que el diseño de cada sistema es diferente, por más que se encuentre en un lugar cercano o la precipitación sea similar, dado que las superficies de captación, la arquitectura entre otras variables no serán las mismas.

2.1.3.2. Delimitación temporal

En la presente solo se analizaron los datos pluviométricos comprendidos entre los años 2007 y 2016, es decir 10 años atrás.

2.1.4. Formulación

¿En qué medida un diseño hidráulico de un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales puede contribuir al ahorro de agua potable en la ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Martín?

2.2. OBJETIVOS

2.2.1. Objetivo general

➤ Diseñar hidráulicamente un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales, para ahorrar agua potable en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional de San Martín.

2.2.2. Objetivo específico

1. Identificar la oferta hídrica a través del estudio de las precipitaciones pluviales en la zona.
2. Identificación de la demanda de agua potable de la ciudad universitaria de la UNSM en los usos en los que el agua de lluvia puede reemplazarlo.
3. Identificación de los usos en los que el agua de lluvia puede reemplazar al agua potable dentro de la ciudad universitaria de la UNSM.
4. Evaluar el potencial de ahorro de agua potable

2.3. Justificación e importancia del problema.

Dada la importancia de este problema, esta investigación no admite discusión alguna, sin embargo, aquí se trató de plantear algunas justificaciones.

2.3.1. Justificación teórica o temática.

El estudio sobre las formas de aprovechamiento del agua pluvial en la zona es beneficioso puesto que el agua es un elemento que abunda, dado el régimen regular que se experimenta en el área. Y un estudio que promueva el uso estratégico y armónico de este recurso constituye un aporte teórico muy importante.

2.3.2. Justificación metodológica.

Se validaron y/o usaron procedimientos, normas técnicas y teorías para el análisis de datos, los cuales adquieren importancia metodológica para el análisis de los registros pluviométricos de la zona de la ciudad universitaria de la UNSM. También la adquiere para el proceso de diseño del sistema, dentro de este están las obras de captación, conducción, almacenamiento y distribución.

2.3.3. Justificación de viabilidad.

Se justifica por la facilidad de obtener el líquido elemento, en comparación con los complejos sistemas que nos brindan agua potable. La fuente de agua que se plantea utilizar tiene recursos abundantes en la zona de la ciudad universitaria que aproximadamente tiene un régimen pluvial regular y constante. Esta facilidad que se tiene sumado al aprovechamiento estratégico que se planteó, disminuirá los egresos de la Universidad y justificará la inversión que hará posible la realización de este proyecto.

2.3.4. Justificación práctica.

Adquiere una importancia práctica, puesto que el sistema que se planteó, se podrá reproducir también a diversas escalas y con gastos que se justifican con el pasar del tiempo en el ahorro del agua potable, en las edificaciones, ubicadas en zonas con un régimen pluvial similar o mejor que el nuestro. Y de esa manera esta investigación beneficiará también a la sociedad en general.

Además, es importante, puesto que el agua es el ingrediente principal para mantener nuestra vida tal como la conocemos hoy, y resulta obvio que si continuamos con esta investigación estaríamos retomando, mejorando y sofisticando una alternativa de abastecimiento ancestral de agua que va a ser beneficiosa en todos los aspectos de la vida.

2.4. Delimitación de la Investigación

Esta investigación solo se limitará a realizar el diseño hidráulico de un sistema apropiado para el uso delicado y adecuado de aguas pluviales (lluvias y garúas) en la zona de la ciudad universitaria de la UNSM, y además cabe decir que el diseño de la infraestructura resultante del planteamiento de estos sistemas y el cálculo de un presupuesto detallado de este sistema, están fuera de los alcances de este proyecto.

Por otro lado, es muy importante resaltar que con este estudio no se pretende reemplazar definitivamente la red de agua potable por el sistema de aprovechamiento de aguas pluviales, sino más bien procurar una convivencia armónica con los sistemas tradicionales existentes optimizando el uso del agua.

Es importante señalar que en esta investigación solo se captará agua de los techos de las edificaciones, y quedan fuera de este trabajo otras superficies como estacionamientos, pistas, veredas, etc. ya que se requeriría de procesos más exigentes para poder utilizar el agua.

El manejo de las aguas pluviales excedentes del sistema está fuera de los límites de esta investigación.

2.5. Marco Teórico

2.5.1. Antecedentes de la Investigación

2.5.1.1. Antecedentes a lo largo del mundo:

1. En África últimamente se ha producido una rápida expansión de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia realizándose importantes proyectos en Botswana, Togo, Malawi, Mali, Sudáfrica, Namibia, Mozambique, Zimbabue, Sierra leona y Tanzania; en el sur de África este proceso no avanza con igual rapidez, debido a factores como baja precipitación, reducida área de las cubiertas impermeabilizadas, sin descartarse el alto costo en la construcción de los sistemas, teniendo en consideración los niveles de ingresos económicos de la población (Anaya, 2009).

2. En Asia:

2.1. Actualmente en las ciudades de Chennai y New Dheli, los sistemas de cosecha de agua de lluvia, son obligatorios (Anaya, 2009).

2.2. En Bangladesh ante la contaminación de las aguas subterráneas, con arsénico, la recolección de agua de lluvia surge como alternativa para el suministro de agua en dichas áreas. Desde 1977, alrededor de mil sistemas de aprovechamiento de agua de

lluvia fueron instalados en el país por la ONG Fórum for Drinking Water Supply & Sanitation. El agua de lluvia almacenada se usa para beber y cocinar, esta es aceptada como segura y cada vez es muy utilizada por los usuarios locales (Anaya, 2009).

2.3. China también sufre escasez de agua, siendo más aguda en la meseta de Loess de Gansu, esta es una de las áreas más pobres de China donde el escurrimiento y el agua superficial son muy escasos, siendo la lluvia, la única fuente hídrica potencial; por ello desde 1988, se vienen probando eficientes técnicas de captación de agua de lluvia y de 1995 a 1996, el gobierno local ha implementado el proyecto llamado “121” para captación de agua de lluvia apoyando económicamente a cada familia para construir un campo de recolección de agua, dos almacenamientos y un terreno adecuado para cultivar. Suministrando agua a 1.2 millones de personas (260 000 familias) (Anaya, 2009).

3. En América del Norte: Se estima que más de un millón de personas en los EE.UU. utilizan sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales, abasteciéndose de agua para usos domésticos o propósitos agrícolas, comerciales o industriales (Anaya, 2009).

3.1. En Texas, a inicios del siglo XX muchos habitantes construyeron cisternas y sistemas de captación, sin embargo, con la llegada de los sistemas de distribución de agua superficial, éstos se volvieron obsoletos; sin embargo, en los últimos 15 años se aprecia un renovado interés por este tipo de sistemas, actualmente se encuentran en operación alrededor de 15 mil en todo Texas. El gobierno apoya esta actividad mediante la difusión de manuales para la instalación de métodos para captar aguas pluviales, así como con la creación de un comité específico para la evaluación de los sistemas y la exclusión de impuestos de propiedad para este tipo de tecnologías. En este estado opera una de las principales organizaciones para la captación y utilización del agua pluvial, la Asociación Americana de Sistemas de Captura de Agua de Lluvia (ARCSA) (Anaya, 2009).

4. En América Central: En México, Estado de Guanajuato, localidad de San Felipe, el municipio con el apoyo de la División de Agricultura y Tecnología de Alimentos, del Tecnológico de Monterrey, desarrolló el proyecto “Agua y Vida” el comenzó en 1996, el primer desarrollo tecnológico fue un sistema de aprovechamiento de agua pluvial que cuenta con una cisterna con capacidad de 500 m³ y un área de captación cubierta de piedra laja. La siguiente obra fue construida en las afueras del municipio y se llamó “Techo-Cuenca” y consta de dos cubiertas con pendiente que se unen en un canal la

cual está conectada a una tubería que conduce el agua hacia un depósito con capacidad para almacenar 285 m³ ubicado dentro del municipio que se ha denominado casa del agua y vida donde se distribuye agua a las familias que la necesiten. Los jardines de niños y las escuelas están equipadas con estos sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia que es utilizada para la descarga de inodoros, el aseo de pisos y baños y para regar los jardines. La población en seis años ha sido transformada y la mayoría de sus necesidades de agua han sido suplidas por los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia (Anaya, 2009).

5. En América del Sur:

5.1. En Brasil diversas ONG y organizaciones ambientales trabajan en el suministro de agua para consumo humano usando sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia. En la región noreste de Brasil de clima semiárido, donde el promedio anual de lluvia varía desde 200 hasta 1000 mm; las comunidades nativas tradicionalmente han recogido agua de lluvia en pozos excavados a mano en rocas, pero este sistema no logra satisfacer las necesidades de la población, por ello una ONG y el gobierno de Brasil iniciaron un proyecto para construir un millón de tanques para la recolección de agua de lluvia en un periodo de 5 años, para beneficiar a 5 millones de personas. Por otro lado, en ciudades como Sao Paulo, el gobierno está empezando a exigir la implementación de equipos para captar el agua de lluvia en techos que tengan una superficie mayor a 500 m². Debido al aumento en el consumo y la escasez en el suministro, los sistemas para aprovechar el agua de lluvia se están haciendo cada vez más populares. Otro ejemplo del creciente interés por la captación del escurrimiento pluvial en Brasil fue la creación de la Asociación Brasileña de Sistemas de Captación de Agua de Lluvia, fundada en 1999 (Anaya, 2009).

2.5.1.2. Organizaciones que han estado trabajando en la normalización, fomentación y mejoramiento de estos sistemas.

1. La empresa Aqua España nos plantea el esquema de la Figura 2.01 donde se describe un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales diseñado para una edificación, el cual consta de un sistema de captación, almacenamiento y distribución. Además, recomienda diversas aplicaciones para el agua pluvial, como son:

- INTERIOR DE LOS EDIFICIOS (Aqua España, 2010)
- Cisternas de inodoros.
- Lavado de los suelos.

- Lavadora (en el uso del agua pluvial para lavadoras, se aconseja un tratamiento complementario, según las especificaciones del fabricante).

El agua pluvial debe respetar las normativas de calidad de las aguas de baño en los términos de la legislación nacional y de las directivas europeas aplicables. Así mismo se excluye en casos particulares como los centros médicos, sociales y de alojamiento de personas mayores y los de enseñanza infantil y primaria (Aqua España, 2010)

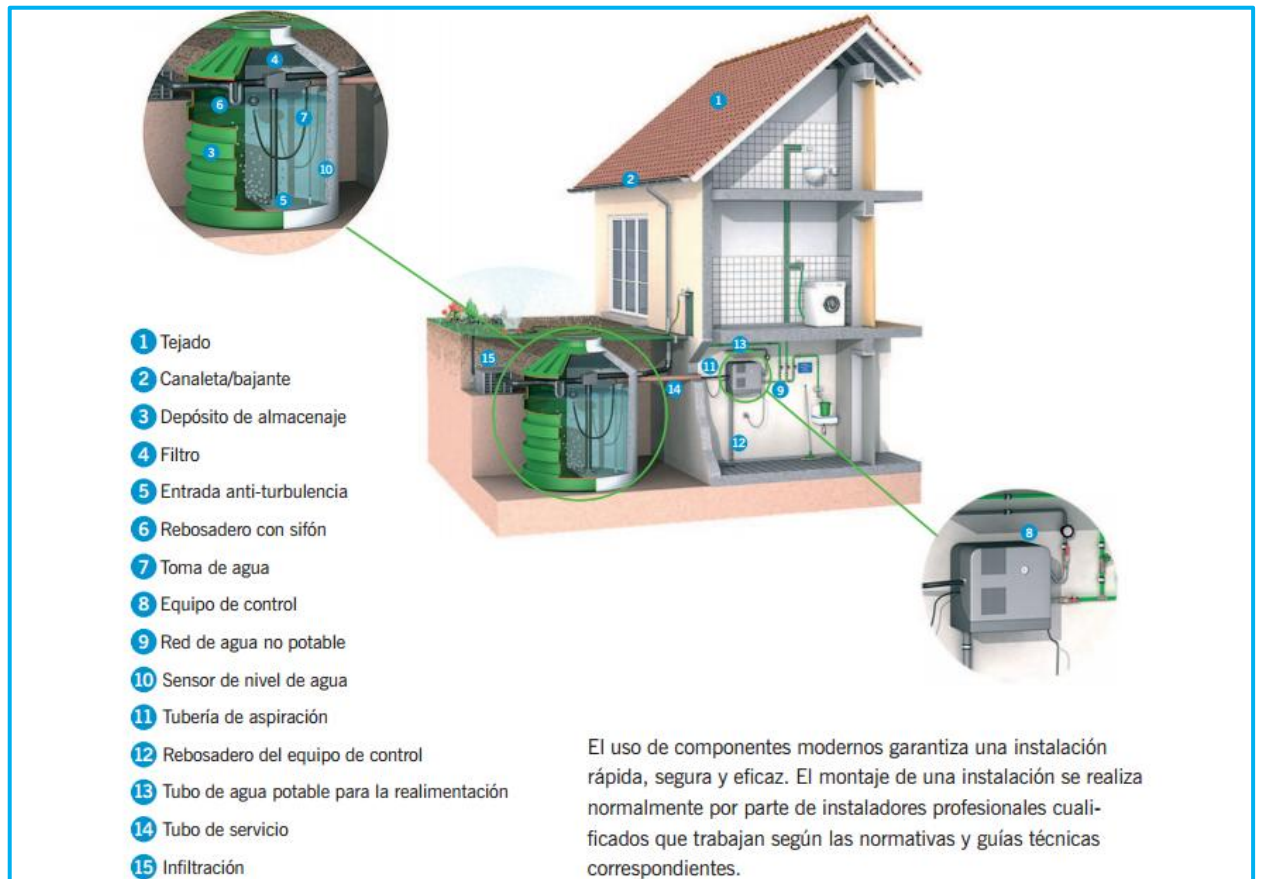


FIGURA N° 2.01: ESQUEMA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES.

FUENTE: Aqua España, "Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios", 2010.

➤ EXTERIOR DE LOS EDIFICIOS (Aqua España, 2010).

- Riego de zonas ajardinadas.
- Lavado de los suelos.
- Lavado de vehículos.

➤ USOS INDUSTRIALES (Aqua España, 2010).

Se recomienda un estudio para cada aplicación, por ejemplo:

- Limpieza de superficies y vehículos industriales.
- Depósito de almacenamiento de agua contra incendios.
- Riego

2. La FAO, Enfatiza en los siguientes puntos:

2.1. Identificación y cuantificación del déficit hídrico: los casos en que la precipitación no es suficiente para cubrir las necesidades de agua de humanos, animales y plantas y se requiera complementar la demanda.

2.2. Análisis de las estrategias y posibilidades para adecuar los sistemas productivos a la disponibilidad de agua y/o para captar y abastecer la cantidad que falte.

2.3. Análisis de las diferentes formas para recoger y almacenar agua de lluvia con diferentes finalidades (uso doméstico, tomando las precauciones sanitarias correspondientes; producción animal y vegetal).

2.4. Orientación para la selección, diseño, construcción, operación, mantenimiento y aplicación de técnicas y obras para mejorar la captación y la oferta de agua para los cultivos, animales y uso doméstico rural.

Por otro lado, también recomienda lo siguiente:

2.5. Aunque las técnicas desarrolladas y adoptadas en otras regiones puedan servir de base y tener sus principios hidrológicos evaluados y adaptados a situaciones locales, es necesario que las instituciones públicas y del sector privado inviertan recursos en la generación de soluciones según las características específicas del ciclo hidrológico de cada localidad o zona climática. Hay que recordar que algunas de las variables que definen la selección de las técnicas (suelo, terreno, período seco, aspectos sociales y culturales) no se repiten de una región a otra (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013).

2.6. Las políticas públicas focalizadas en las zonas con déficit hídrico deben priorizar el diseño y la ejecución de planes integrales de desarrollo, que contemplen el incremento de las posibilidades de convivencia digna de las personas con su ambiente. Las prácticas, aunque sean eficientes y adaptadas, si son aplicadas de manera aislada, tendrán poco efecto para cambiar la realidad (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013).

3. El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001, pág. 6) nos propone el esquema de la Figura 2.02 y nos explica que “El sistema de captación de agua de lluvia en techos está compuesto de los siguientes elementos: a) captación; b) recolección y conducción; c) interceptor; y d) almacenamiento”.

a) Captación. - La captación está conformado por el techo de la edificación, el mismo

que debe tener la superficie y pendiente adecuadas para que facilite el escurrimiento del agua de lluvia hacia el sistema de recolección. En el cálculo se debe considerar solamente la proyección horizontal del techo (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001, pág. 6)

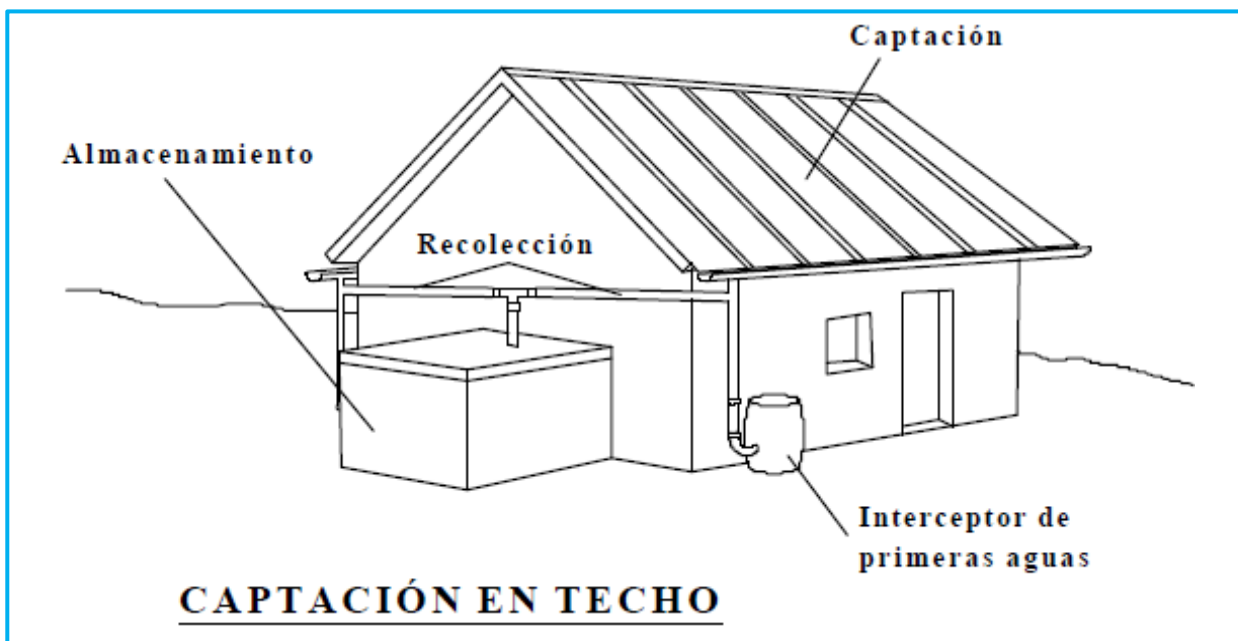


FIGURA N° 2.02: ESQUEMA DE UN SISTEMA DE APROVECHAMIENTO DE AGUAS PLUVIALES.

FUENTE: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, "Guía de Diseño para captación del Agua de Lluvia", 2001.

- b) **Recolección y Conducción.** - Este componente es una parte esencial de los SCAPT ya que conducirá el agua recolectada por el techo directamente hasta el tanque de almacenamiento. Está conformado por las canaletas que van adosadas en los bordes más bajos del techo, en donde el agua tiende a acumularse antes de caer al suelo (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001, pág. 7)
- c) **Interceptor.** - Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001, pág. 8)
- d) **Almacenamiento.** - Es la obra destinada a almacenar el volumen de agua de lluvia necesaria para el consumo diario de las personas beneficiadas con este sistema, en especial durante el período de sequía (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y

Ciencias del Ambiente, 2001, pág. 9).

2.5.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

1. Bartra & Ibañez en su investigación concluyen que “el actual abastecimiento en el futuro no cubrirá las demandas de agua de la ciudad universitaria”. En su investigación, Bartra & Ibañez diseñaron la red de drenaje pluvial y la red de distribución de agua potable y desagüe sanitario, de conformidad a las necesidades de la ciudad universitaria proyectadas en el futuro.

2. “En un sistema de drenaje pluvial con la experiencia adquirida al observar y evaluar el funcionamiento de los sistemas construidos, es posible concluir que los sistemas por gravedad son los de mejor resultado. Además, se recomienda ejecutar la construcción de colectores principales y secundarios a fin de evitar la acumulación de aguas pluviales en la parte baja de la ciudad y evitar problemas en la cimentación de las estructuras a construirse” (Noriega, 2002, pág. 217)

En lo anterior Noriega afirma que el agua pluvial es un problema para sus propósitos, y es que en realidad estos últimos tiempos el agua pluvial se ha convertido en un problema más, el predice asentamientos en las cimentaciones de las estructuras debido al empozamiento de las aguas pluviales, inundaciones en los sectores bajos de la ciudad a causa de un mal sistema de drenaje pluvial, etc. En ese sentido la presente investigación transforma al agua pluvial de causante de problemas a proveedor de soluciones efectivas.

3. En su tesis Grandéz (2014) plantea un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia para optimizar el uso de agua potable residencial en la facultad de ingeniería civil de la ciudad universitaria de la UNSM y concluye de la siguiente manera:

3.1. “De acuerdo con los resultados obtenidos se puede decir que el proyecto cumple con el objetivo general en cuanto a que es técnicamente viable para hacer uso eficiente del agua dentro de las edificaciones, pues con la precipitación de la zona y el espacio disponible, se logra abastecer con agua de lluvia 1723 m³, es decir el 66% de la demanda para limpieza de sanitarios (inodoros y urinarios), durante todo el año, y 905 m³ que corresponde al 34% de restante que será cubierto con agua potable”.

3.2. “La instalación de un sistema de aprovechamiento de agua de lluvia, no debe de ser evaluado exclusivamente desde el punto de vista económico; las razones fundamentales para promover el uso de las aguas pluviales deben estar orientadas a un uso racional y adecuado del agua potable, es decir tener más que ver con el

aprovechamiento de un recurso escaso y valioso, antes que con la viabilidad económica”.

3.3. “Siendo que la utilización de agua no potable, en actividades domésticas requiere que las redes de distribución de agua en las edificaciones, estén adecuadamente preparadas para tal fin, es preferible que ello se realice durante el proceso constructivo de las edificaciones, pues de esa forma es más fácil y económico; esto podría lograrse progresivamente con la incorporación en la normativa vigente de una disposición en tal sentido, de tal forma que en un futuro próximo sea posible la utilización de agua no potable en determinados servicios domésticos en forma organizada” (Grandéz, 2014, pág. 71)

2.5.2. Marco Teórico o Fundamentación Teórica de la Investigación.

2.5.2.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico se define como “Un conjunto de cambios que experimenta el agua en la Naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido y gaseoso) como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.)” (Chereque, 1989, pág. 1)

Por otro lado, “el ciclo hidrológico no es nada regular sino todo lo contrario. Una muestra de ello son los períodos de sequías y de inundaciones con los que estamos tan acostumbrados en el país. Prácticamente todos los años tenemos nosotros problemas de sequía en unos lugares y problemas de inundaciones en otros” (Chereque, 1989, pág. 1). El ciclo hidrológico es completamente irregular, y es precisamente contra estas irregularidades que lucha el hombre.

2.5.2.2. Agua potable

Según la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (2011), se define al agua potable como “El agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”.

En tal sentido según la Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (2011), para poder cumplir con las exigencias establecidas en el citado reglamento, las aguas captadas que van a ser destinadas al uso poblacional, pasan por diversos procesos físicos y químicos, mediante los cuales se eliminan el material en suspensión, así también se eliminan las partículas, mediante decantadores y filtros, para finalmente ser desinfectadas mediante cloración, con lo cual se destruyen los últimos microorganismos que aun pudiesen encontrarse en las aguas.

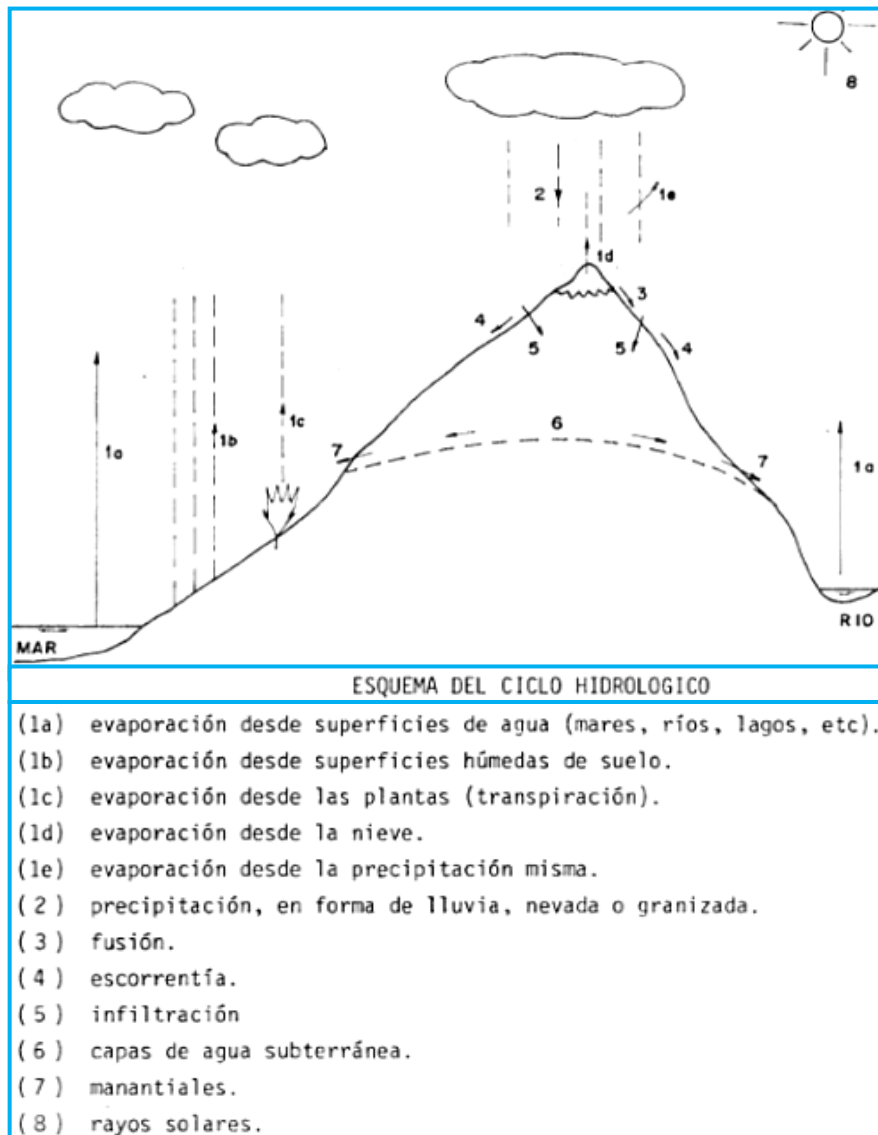


FIGURA N° 2.03: ESQUEMA DEL CICLO HIDROLÓGICO

FUENTE: Chereque Morán, *"Hidrología: Para estudiantes de Ingeniería Civil"*, 1989.

Para los fines de esta investigación trabajaremos con la siguiente premisa propuesta por Pacheco (2008): "Para ciertos usos el agua no se necesita cumplir con todos esos requisitos y basta con pasar algunos procesos físicos como la decantación y la filtración, ya que la grave crisis que enfrenta el planeta en cuanto a su disponibilidad reclama de nuestra creatividad y compromiso social para encontrar alternativas de solución".

2.5.2.3. Precipitación pluvial

La precipitación se define como "toda forma de humedad, que, originándose en las nubes, llega hasta la superficie terrestre" (Chereque, 1989, pág. 15). De acuerdo a esta definición, las lluvias, las granizadas, las garúas y las nevadas son formas distintas del mismo fenómeno de la precipitación. Por otro lado, cabe resaltar que este

proyecto pretende trabajar solo con las lluvias y garúa, ya que con las granizadas y nevadas se requeriría de algún proceso de descongelamiento y eso escapa de los límites de este proyecto.

2.5.2.4. Tipos de Precipitación

Chereque Morán sostiene que las precipitaciones se clasifican en tres grupos, según el factor responsable del levantamiento del aire que favorece el enfriamiento necesario para que se produzca la precipitación, las que se describen a continuación:

a) Precipitaciones convectivas. Son causadas por el ascenso de aire cálido más liviano que el aire frío de los alrededores. Las diferencias de temperatura pueden ser sobre todo el resultado de calentamientos diferenciales en la superficie o en la capa superior de la capa de aire. La precipitación convectiva es puntual y su intensidad puede variar entre aquella correspondiente a lloviznas ligeras y aguaceros (Chereque, 1989, pág. 16)

b) Precipitaciones orográficas. Resultan del ascenso del aire cálido hacia una cadena de montañas. Las regiones que quedan del otro lado de las montañas pueden sufrir la ausencia de lluvias," puesto que todas las nubes son interceptadas y precipitadas en el lado de donde ellas provienen (Chereque, 1989, pág. 16)

c) Precipitaciones ciclónicas. Se producen cuando hay un encuentro de nubes de diferentes temperaturas: las más calientes son impulsadas a las partes más altas donde precipitan (Chereque, 1989, pág. 16).

En la naturaleza, los efectos de estos tres tipos de enfriamiento están interrelacionados y la precipitación resultante no puede identificarse como de un solo tipo (Chereque, 1989, pág. 16).

2.5.2.5. Cambio climático

El ciclo hidrológico local se encuentra determinado en gran medida por condiciones globales o de carácter regional: posición (latitud, altitud), insolación, vientos, orografía, geología, tipos de suelo y de terreno, cobertura vegetal, entre otros factores. Con la llegada del cambio climático, que se traduce en un aumento de las temperaturas medias terrestres, se agudizan los problemas de escasez de agua en muchas regiones del mundo. Estos son algunos posibles cambios en el ciclo hidrológico causados por el cambio climático (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013, pág. 16):

1. Disminución de la precipitación total anual.
2. Disminución del número de eventos de lluvia (distribución más errática).
3. Aumento de la energía de las precipitaciones, con posible agravamiento de los problemas (crecidas, inundaciones y erosión de las tierras).
4. Aceleración de la escorrentía por disminución de la precipitación sólida (nieve).
5. Aumento de la evapotranspiración, lo que incrementaría la aridez de la zona.
6. Reducción en la recarga de las napas con la consiguiente caída de sus niveles.
7. Mayor arrastre de sedimentos.
8. Aumento de la contaminación por menor capacidad de dilución de efluentes y riles (residuos industriales líquidos).

En este escenario, las acciones de captación y aprovechamiento de agua de lluvia adquieren una creciente importancia.

2.5.2.6. Usos

Pacheco (2008, pág. 43) afirma que los intercambios, no siempre son fáciles, entre redes, instituciones académicas, ONG's, autoridades y agencias donantes, permitieron establecer una primera categoría de usos y actividades del agua lluvia, (...). Los usos del agua de lluvia en la actualidad son:

1. Domésticos y productivos.
2. Sanitarios y de higiene.
3. Protección de Cuencas.
4. Soberanía alimentaria.
5. Conservación de suelos.
6. Recarga de acuíferos.
7. Preservación de ecosistemas estratégicos.
8. Preservación de desastres y estrategias de reconstrucción después de los desastres.
9. Usos simbólicos lúdicos y sagrados.

Según Pacheco (2008, pág. 43) los usos múltiples del agua lluvia tienen implicaciones económicas, sociales, culturales y de género en:

1. Formulación de políticas, planes, programas y proyectos.
2. Cambios de comportamientos para valorar el bien público y reducir despilfarros.
3. Valorización de tradiciones y conocimiento local del medio natural.
4. Identificación de tecnologías y materiales locales.

5. Formación de nuevos oficios generadores de ingreso y empleo.
6. Transferencia e intercambios de tecnología.
7. Constitución de organizaciones sociales de gestores de agua lluvia.
8. Equilibrar los usos del agua por edad, equidad de género y discapacidades.
9. Monitoreos y evaluaciones de impactos en la sostenibilidad urbana y regional.

2.5.2.7. Beneficios y desventajas del aprovechamiento de agua de lluvia

Según la empresa Hydro International los beneficios de la cosecha de lluvia son:

Económicos (Como se cita en Hidro Soluciones pluviales, s.f.)

1. El agua de lluvia es un recurso gratuito y fácil de mantener. Relativamente limpio que se puede utilizar en actividades que no requieran de su consumo.
2. Reducción en las tarifas de agua potable entubada por la disminución en su uso, ya sea en sanitarios, para lavar (superficies, vehículos o ropa), riego de jardines o cultivos, entre otras posibilidades

Medioambientales (Como se cita en Hidro Soluciones pluviales, s.f.)

1. Recargar los acuíferos abatidos.
2. Conservación de las reservas de agua potable (ríos, lagos, humedales)
3. Fomenta una cultura de conservación y uso óptimo del agua

Sociales (Como se cita en Hidro Soluciones pluviales, s.f.)

1. Disminuir el volumen de agua lluvia que entra al sistema de drenaje combinado (sanitario y pluvial), evitando que se sature y reduciendo las inundaciones y el volumen de descargas de aguas negras. Aumentando su disponibilidad para otros usos.
2. Reducir la utilización de energía y de químicos necesarios para tratar el agua de lluvia en la ciudad, disminuyendo también el gasto que genera mover y tratar el agua negra del drenaje a distancias lejanas.
3. Aminorar el volumen de agua potable usada en aplicaciones no potables (sanitarios) o de consumo humano (regar jardín).

Aun cuando las ventajas son numerosas, la empresa Hydro International nos dice que es necesario indicar también que los sistemas de captación de agua de lluvia cuentan con algunas desventajas tales como (Como se cita en Hidro Soluciones pluviales, s.f.):

1. Depender directamente de la cantidad de precipitación presentada en la zona.
2. La instalación de sistemas adecuados representa una inversión inicial que tarda unos años en amortizarse.

3. Se debe tener cuidado con posible contaminación del agua por materia orgánica o animales, razón por la cual debe pasar por un proceso de limpieza antes de ser almacenada en un lugar seguro y bien cerrado.
4. Y aunque en algunos lugares se considere como agua potable, no es recomendable, ya que depende de las condiciones de cada lugar y de los lugares por los que escurre.

2.5.2.8. Análisis de los datos pluviométricos

“Las precipitaciones en altura de agua medidas con pluviómetros varían de un lugar a otro y, en un mismo lugar, de un tiempo a otro. Estas medidas constituyen un conjunto numeroso de datos, que es necesario analizar y sintetizar en unos pocos valores más manuales y fáciles de utilizar en proyectos hidráulicos. Se recurre para ello a la Estadística escogiendo un modelo matemático que represente el comportamiento de la lluvia en el lugar en estudio” (Chereque, 1989, pág. 19).

1. Determinación de la precipitación de diseño

La pregunta es la siguiente: ¿cuál es el valor de precipitación que realmente se puede usar en una localidad, tomando en cuenta que se trata de un factor aleatorio y no controlable? Pues bien, la FAO ofrece ciertas pautas para el cálculo de este valor.

Los datos de precipitación para una localidad están generalmente disponibles en promedios mensuales en los servicios meteorológicos. El número total de años en que los datos han sido recolectados son variables, dependiendo del tiempo de servicio de la estación meteorológica.

Aun con muchos años de observación (10 ó más), el promedio es un valor de referencia poco efectivo porque la precipitación que realmente ocurre cada año para el mes considerado, el 50% de las veces excede el promedio (excedencia de 50% ó P50) y es menor el 50% de las veces [...]. [Refiriéndonos a la tabla N° 2.01], la precipitación mensual en los años 1, 2, 5, 7 y 10 fue superior al promedio de 10 años (137,9 mm), mientras que en los demás años fue inferior. En este caso, si se tomara el promedio de 137,9 mm como cantidad de lluvia disponible (P50), en 5 de los 10 años no se podría contar con tal cantidad (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013, pág. 41).

En localidades en donde la variabilidad de precipitación es elevada, no se recomienda utilizar el valor promedio, particularmente en regiones semiáridas y subhúmedas, donde se utiliza más la captación de lluvia y la variabilidad de precipitación suele ser alta. Es más adecuado utilizar un valor cuya probabilidad de ocurrir sea mayor que el

50% (por ejemplo, 75% o más), dependiendo de las características locales de la precipitación, el tipo de uso y la situación de escasez. Generalmente, cuanto más severa es la situación de escasez y prioritario es el tipo de uso, menos incierta debe ser la cantidad de agua disponible. La utilización de un valor de excedencia de 75% (P75), por ejemplo, significa que en el 75% de los años, la precipitación supera el valor considerado. La cantidad de lluvia disponible utilizando excedencia arriba del 50% es importante para planificar la dimensión de la estructura de captación destinada a suplir la demanda para una determinada finalidad. Si se considera un valor que no ocurre todos los años, la cantidad de agua cosechada será insuficiente para dicha demanda. En situaciones en que hay más confianza en los datos o que la variabilidad sea pequeña, se pueden utilizar excedencias entre 50 y 75%. Al contrario, en situaciones de muy elevada variabilidad y vulnerabilidad hídrica, sería interesante trabajar con probabilidades aún mayores, de 80 ó 90%, por ejemplo (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013, pág. 41).

Una manera práctica de estimar el valor aproximado de P75 es tomar el valor promedio de los valores menores al promedio general. [En el caso de la Tabla 2.01], los años con $98 + 110 + 102 + 96 + 123 \text{ mm} / 5 = 106 \text{ mm}$. Y aunque el valor de P75 sea más bajo que el promedio general ($P50 = 137,9 \text{ mm}$), planificar la disponibilidad de agua tomando P75 permite asegurar que esta precipitación realmente ocurrirá. (Critchley & Siegert, 1996) proponen un método sencillo para estimar el volumen de lluvia para diferentes niveles de probabilidad. [Tomando como ejemplo los datos de la Tabla 2.01], se estructura un [nuevo que es la tabla N° 2.02], con los valores de precipitación en orden decreciente. Esta columna de valores decrecientes es numerada de manera creciente del 1 a N observaciones (10, en este caso). Se calcula la probabilidad de cada valor por medio de la relación (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013, pág. 42).

$$P\% = \frac{m - 0.375}{N + 0.25} \times 100 \quad \text{_____} (2.1)$$

Donde:

P: Probabilidad en %.

N: Número total de observaciones.

m: Número de orden.

CUADRO N° 2.01: VALORES DE PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm), CONSIDERANDO UN MISMO MES, OBSERVADOS EN ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA, CON DIFERENTES NÚMEROS DE AÑOS DE OBSERVACIÓN

Años	Precipitación observada en mm										Promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	143										143.00
2	143	175									159.00
3	143	175	98								138.67
4	143	175	98	110							131.50
5	143	175	98	110	220						149.20
6	143	175	98	110	220	102					141.33
7	143	175	98	110	220	102	167				145.00
8	143	175	98	110	220	102	167	96			138.88
9	143	175	98	110	220	102	167	96	123		137.11
10	143	175	98	110	220	102	167	96	123	145	137.90

FUENTE: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, , “Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe”, 2013.

Con los valores de probabilidad se establece una curva de correlación entre las columnas de probabilidad (x) y lluvia decreciente (y). Se puede hacer de forma sencilla utilizando cualquier programa de planilla electrónica o manualmente en un papel de probabilidades (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013, pág. 43)

En este caso, los datos tuvieron la correlación [que se muestra en la Figura N° 2.04]. Aplicada la ecuación para $X = 75\%$ (probabilidad) se obtuvo el valor de 107,5 mm, el cual es prácticamente igual al valor de 106 mm calculado por medio de la media de los valores ubicados por debajo de ella (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013, pág. 43)

CUADRO N° 2.02: NUEVO ORDENAMIENTO DE LOS VALORES DE LA TABLA N° 01 Y VALORES DE PROBABILIDAD CALCULADOS PARA CADA VALOR, POR MEDIO DE LA RELACIÓN DESCRITA

Año	Lluvia decreciente (mm)	Número de orden	Probabilidad (%)
5	220	1	6.1
2	175	2	15.9
7	167	3	25.6
10	145	4	35.4
1	143	5	45.1
9	123	6	54.9
4	110	7	64.6
6	102	8	74.4
3	98	9	84.1
8	96	10	93.9

FUENTE: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, “Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe”, 2013.

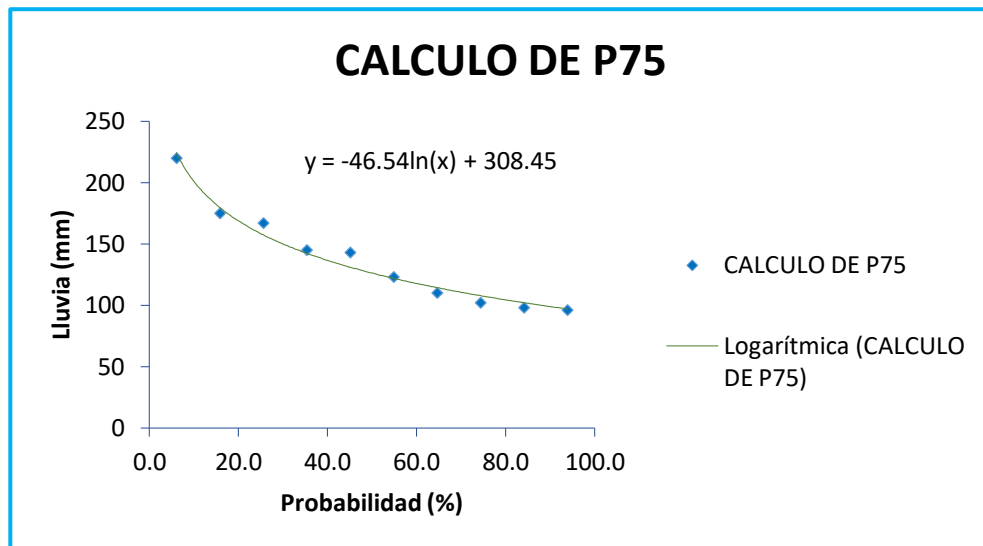


FIGURA N° 2.04 RELACIÓN ENTRE LA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA (X) Y EL VOLUMEN PROMEDIO DE PRECIPITACIÓN CALCULADA A PARTIR DE LA TABLA N° 2.02

FUENTE: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, , “Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe”, 2013.

2. Desviación estándar

Según Chereque (1989, pág. 20) la desviación estándar se define por la siguiente fórmula:

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum(x - x_p)^2}{n - 1}} \quad \text{_____ (2.2)}$$

Donde:

Sx: Desviación Estándar de las precipitaciones anuales.

Xp: Valor promedio de las precipitaciones anuales.

X: Cada una de las precipitaciones anuales del registro.

n: Longitud del registro en años.

Por otro lado, cabe recordar que la desviación estándar nos dice cuánto tienden a alejarse los puntajes del promedio.

3. Coeficiente de variabilidad (Y_x)

El coeficiente de variabilidad con la siguiente fórmula (Chereque, 1989, pág. 21)

$$Y_x = \frac{S_x}{X_p} \times 100 \quad \text{_____ (2.3)}$$

Por otro lado, cabe recordar que este valor nos proporciona una noción de la variabilidad de los datos de precipitación y nos apoyara a decidir que probabilidad usar, como lo sostiene la FAO en el siguiente párrafo:

Cuanto mayor es la variabilidad de la precipitación de un determinado lugar, mayor es la diferencia entre P50 y P75 y mayor es la necesidad de considerar un número mayor de años y probabilidades mayores de P50 en la planificación de la disponibilidad de agua (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, 2013, pág. 43)

El manejo estadístico de la información pluviométrica, es decir el estudio de su comportamiento según un modelo matemático, sólo es posible realizarlo cuando la información reúne estos tres requisitos: es completa, consistente y de extensión suficiente. Es por eso que, una información pluviométrica antes de ser estudiada en su comportamiento debe ser revisada en estos tres aspectos (Chereque, 1989, pág. 21)

2.5.2.9. Sistema de aprovechamiento de aguas pluviales

Según la empresa Aqua España (2010) el aprovechamiento de las aguas pluviales se hace en 4 pasos muy elementales:

- a) Recogida del agua desde los tejados y a través de la canalización.
- b) Filtración del agua para mejorar la calidad del agua y evitar la putrefacción durante el almacenamiento.
- c) Almacenaje del agua en depósitos, que pueden ser subterráneos o en superficie.
- d) Distribución del agua para su reutilización mediante bombas exteriores o sumergidas.

1. Captación

1.1. Superficies de captación de aguas pluviales.

Según la empresa Aqua España (2010, pág. 7) se considerarán superficies de captación aquellas en que, salvo operaciones de mantenimiento, no sean transitables. Desde un punto de vista cuantitativo se pueden usar todas las superficies de recogida disponibles y sean adecuadas cualitativamente. El diseño de las pendientes de las cubiertas, los sistemas de drenaje, así como los sumideros se deberá realizar de acuerdo al código técnico de la edificación vigente.

Por otro lado, la empresa Aqua España (2010, pág. 7) afirma que las superficies de captación pueden ser diversas y hay que considerar el efecto que a nivel cuantitativo y cualitativo producen en el agua recogida. A nivel cualitativo hay que tener en cuenta las limitaciones de los tejados verdes (aportación de nutrientes), los tejados asfálticos (aportación de hidrocarburos) o los tejados metálicos (aportación de iones metálicos), así como las limitaciones según las normativas específicas de los tejados de

fibrocimiento o amiantos. A nivel cuantitativo, expresando en tanto por uno su eficiencia, toman los siguientes coeficientes de escorrentía en función del tipo de tejado:

CUADRO N° 2.03: COEFICIENTES DE ESCORRENTIA

MATERIAL	COEF. DE ESCORRENTIA
Tejado duro inclinado	0,8 a 0,9
Tejado plano sin gravilla	0,8
Tejado plano con gravilla	0,6
Tejado verde	0,3 a 0,5
Superficie empedrada	0,5 a 0,8
Revestimiento asfáltico	0,8 a 0,9

FUENTE: AQUA España, "Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios"

1.2. Conducciones / canales

"El material constructivo de las canaletas no debe ser fácilmente alterable ni alterar a su vez en ningún caso la calidad del agua transportada, recomendándose utilizar materiales reciclables" (Aqua España, 2010, pág. 7).

"Las canaletas o conducciones verticales pueden ser colocadas en el interior o exterior de edificios. En el caso de conducciones interiores se debería considerar su accesibilidad para labores de mantenimiento en puntos estratégicos y en cualquier caso según establezcan las normas y reglamentos competentes vigentes en cada momento" (Aqua España, 2010, pág. 7).

1.3. Filtración

La empresa Aqua España (2010, pág. 7) sostiene que: previo a la entrada en los depósitos de acumulación, las aguas pluviales deben ser filtradas para evitar la entrada de suciedad en los depósitos de almacenaje que pueden causar averías de funcionamiento del sistema y/o empeorar la calidad del agua almacenada. Los filtros que sirven para el agua de lluvia procedente de tejados y terrazas no pueden limpiar correctamente las aguas contaminadas de carreteras y aparcamientos.

Por otro lado el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001) ofrece una alternativa económica para los casos en que se dispongan de superficies de captación expuestas a pocos factores que puedan contaminar el agua (como sucede en el caso en estudio, donde se tienen techos altos, y las hojas de los árboles no se pueden acumular, por otro lado el acceso a los techos es dificultoso lo que garantiza que no existirá tránsito de personas, salvo en ocasiones, cuando se realizan actividades de mantenimiento), es la instalación de tanques interceptores, que

en su guía los define de la siguiente manera:

“Conocido también como dispositivo de descarga de las primeras aguas provenientes del lavado del techo y que contiene todos los materiales que en él se encuentren en el momento del inicio de la lluvia. Este dispositivo impide que el material indeseable ingrese al tanque de almacenamiento y de este modo minimizar la contaminación del agua almacenada y de la que vaya a almacenarse posteriormente, [ver figura N°2.05]” (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001, pág. 8).

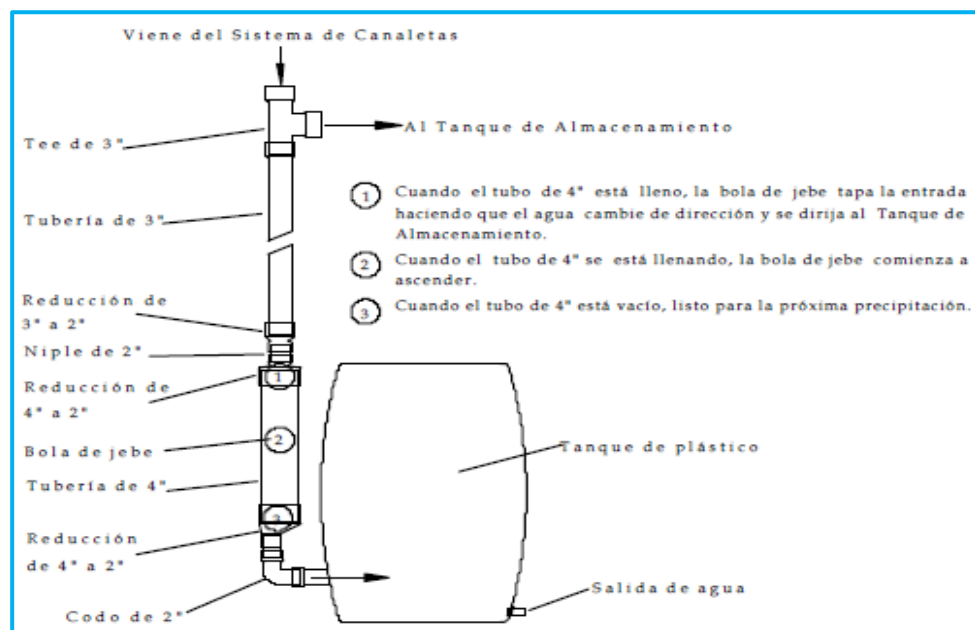


FIGURA N° 2.05: INTERCEPTOR DE LAS PRIMERAS AGUAS

FUENTE: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, “Guía de Diseño para captación del Agua de Lluvia”, 2001.

“En el diseño del dispositivo se debe tener en cuenta el volumen de agua requerido para lavar el techo y que se estima en 1 litro por m² de techo. El volumen de agua resultante del lavado del techo debe ser recolectado en un tanque de plástico” (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001, pág. 8).

2. Almacenamiento

El objetivo del almacenamiento de agua de lluvia es acumular con las mejores garantías de calidad el agua procedente de la lluvia, para posteriormente poder ser utilizada para los usos designados.

2.1. Criterios básicos para la elección de la cisterna

Según la empresa Aqua España (2010, pág 9) algunos criterios son:

1. El agua debe almacenarse en la cisterna previamente filtrada y limpia de toda suciedad. La cisterna deber ser exclusivamente para uso en un sistema de

reaprovechamiento de agua de lluvia. El material de la cisterna no debe alterar en ningún caso la calidad del agua almacenada.

2. Se debe proteger la cisterna al máximo de la luz y el calor. Se recomienda la instalación de cisternas enterradas, que ofrecen la mejor conservación del agua (protección del calor y la luz). Debe tenerse en cuenta si la zona es transitable y considerar las instrucciones correspondientes del fabricante, así como para criterios de instalación y seguridad. En caso de cisterna de superficie, debe ser siempre opaca y protegerla al máximo del calor.

3. Es imprescindible mantener un registro de entrada a la cisterna para cualquier tipo de inspección, limpieza o mantenimiento, así como asegurar la prevención de acceso a niños.

4. Tiene que ser posible desmontar todos los componentes instalados dentro de la cisterna en caso de averías.

5. La cisterna debe protegerse del ingreso de roedores.

2.2. Instalación

La empresa Aqua España (2010, pág 10) recomienda lo siguiente:

1. La cisterna debe tener una salida rebosadero de un diámetro igual o superior al diámetro de la tubería de entrada de agua. El rebosadero debe situarse a una cota inferior a la entrada de agua.

2. En caso de tener que instalar un sistema de entrada de agua de la red en la cisterna debe cumplirse [con las normas de su país]. Se recomienda que el sistema garantice el mínimo consumo de agua de red posible.

3. Para mantener la calidad del agua dentro de la cisterna son necesarios los siguientes componentes [Ver figura 2.02]:

3.1. Uno o varios filtros adecuados según la necesidad.

3.2. Deflector o entrada anti turbulencia de agua. El agua debe entrar por la parte inferior a la cisterna encarada hacia la parte superior para no remover el depósito.

3.3. Salida rebosadero con un sifón que incluya una protección para evitar la entrada de animales

3.4. Para extraer agua de la cisterna se necesita un captador de succión flotante que conectaremos a la bomba de impulsión.

2.3. Diseño del tanque de almacenamiento

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente recomienda seguir el siguiente procedimiento:

1. Determinación de la precipitación de diseño y la oferta de agua de lluvia.

La precipitación de diseño se calculará siguiendo el procedimiento descrito en 2.5.2.7. Análisis de los Datos pluviométricos.

2. Determinación de la demanda

El Ministerio de Vivienda (2006) en la Norma IS-010 precisa que la dotación de agua para locales educacionales y residenciales estudiantiles, está dada según la siguiente tabla:

CUADRO N° 2.04: DOTACIÓN DE AGUA PARA LOCALES EDUCACIONALES.

TIPO DE LOCAL EDUCACIONAL	DOTACIÓN DIARIA
Alumnado y personal no residente	50 L por persona.
Alumnado y personal residente.	200 L por persona

FUENTE: Ministerio de Vivienda, "Reglamento Nacional de Edificaciones – norma IS-010 Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones", 2006

Por otro lado, el Ministerio de Vivienda (2006) en la Norma OS-100 también precisa que: Si se comprobara la no existencia de estudios de consumo y no se justificará su ejecución, se considerará por lo menos para sistemas con conexiones domiciliarias una dotación de 200 l/hab/día, en clima frío y de 250 l/hab/día en clima templado y cálido. Para programas de vivienda con lotes de área menor o igual a 90 m², las dotaciones serán de 120 l/hab/día en clima frío y de 150 l/hab/día clima templado y cálido.

Además de los anteriores datos especificados en la norma OS-100, de acuerdo a EMAPA San Martín S.A., empresa que suministra agua a toda la provincia de San Martín, la dotación promedio en la zona de estudio es de 161 Lt/Hab/día.

Por otro lado, en las dotaciones que se especifican anteriormente se consideran todos los usos domésticos, en el urinario, inodoro, lavatorio, ducha, lavado de ropa, en la limpieza de pisos, para cocinar, para beber y para riego de jardines. Pero en esta investigación solo se requiere conocer la dotación en usos en donde el agua de lluvia pueda reemplazar efectivamente al agua potable.

La Organización Mundial de la Salud (2009) ordena jerárquicamente los usos del agua y su dotación desde el punto de vista de la conservación de la salud en la figura 2.06. Considerando solo los usos comunes en la zona de estudio (Para beber, para cocinar, para aseo personal, para la limpieza de la casa y para la disposición de desechos), la utilidad general que se le puede asignar al agua pluvial es para la disposición de desechos (saneamiento) y representa aproximadamente un 38.89% del consumo total.

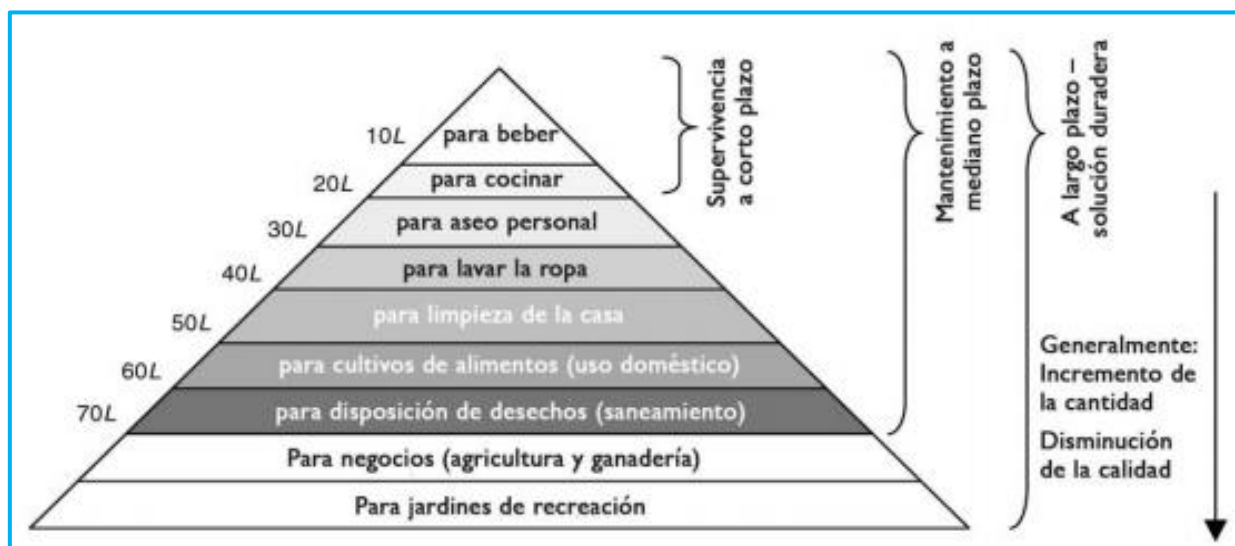


FIGURA N° 2.06: Jerarquía de las necesidades del agua.

FUENTE: Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud, “Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud - Guía técnica N° 09: Cantidad mínima de agua necesaria para uso doméstico”, 2009.

En su tesis Grandéz (2014), concluye que: “La demanda requerida para la limpieza de sanitarios (inodoros y urinarios) en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la UNSM es 7.20 m³/día y para todo el año es de 2628.00 m³”.

Por otro lado, no se menciona, pero en el Capítulo IV: Parámetros de Diseño, Grandéz (2014) asume que la dotación diaria en sanitarios es también, aproximadamente el 30% de la dotación diaria total.

El Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001, pág. 12) sostiene que: “A partir de la dotación asumida por persona se calcula la cantidad de agua que se necesita para atender las necesidades de la familia o familias a ser beneficiadas en cada uno de los meses”.

$$D_i = \frac{N_u \times N_d \times Dot}{1000} \quad \text{—————(2.4)}$$

Donde:

Nu: número de usuarios que se benefician del sistema.

Nd: número de días del mes analizado

Dot: dotación (lt/persona*día)

Di: demanda mensual (m³)

Pero con el fin de aplicar esta fórmula a la investigación, se escribirá de esta manera, ya que en este estudio se realizó un análisis diario.

$$D_i = \frac{N_u \times Dot}{1000} \quad \text{—————(2.5)}$$

3. Determinación del volumen del tanque cisterna.

Para el cálculo de la oferta de agua el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (2001, pág. 12) sostiene que: teniendo en cuenta los promedios mensuales de precipitaciones de todos los años evaluados, el material del techo y el coeficiente de esorrentía, se procede a determinar la cantidad de agua captada para diferentes áreas de techo y por mes.

$$A_i = \frac{P_{pi} \times C_e \times A_c}{1000} \quad \text{_____} (2.6)$$

Donde:

P_{pi}: precipitación promedio mensual (litros/m²)

C_e: coeficiente de esorrentía

A_c: área de captación (m²)

A_i: Abastecimiento correspondiente al mes “i” (m³)

Pero con el fin de aplicar esta fórmula dentro de la investigación, se escribirá de esta manera, ya que en este estudio se realizó un análisis diario.

$$A_i = \frac{P_i \times C_e \times A_c}{1000} \quad \text{_____} (2.7)$$

Donde:

P_i: precipitación diaria correspondiente al día “i” (litros/m²)

C_e: coeficiente de esorrentía

A_c: área de captación (m²)

A_i: Abastecimiento correspondiente al día “i” (m³)

Existen diferentes métodos para dimensionar los tanques de almacenamiento y aquí se describen algunos:

Método de Rippl (Formagiarini, Munarim, & Ghisi, 2011):

En este método, al volumen de agua que es recogido de la superficie de captación se le resta la demanda de agua pluvial en un mismo intervalo de tiempo. La máxima diferencia acumulada positiva es el volumen del reservorio para un 100% de confianza.

$$V_{rippl} = \sum_{i=1}^d S \quad \text{_____} (2.8)$$

Donde:

V_{rippl}: Volumen del reservorio obtenido por el método de Rippl (Litros).

d: Número de días en el periodo analizado.

S : Diferencia entre la demanda diaria de agua pluvial y el volumen de agua que se recoja diariamente en la superficie de captación (Litros).

Método de Azevedo Neto (Formagiarini, Munarim, & Ghisi, 2011):

Se obtiene el volumen del reservorio de agua pluvial por medio de la ecuación:

$$V_{an} = 0.0042 \times P_a \times A \times T \quad \text{_____} (2.9)$$

Donde:

V_{an} : Volumen del reservorio en litros.

P_a : Precipitación pluviométrica anual media (mm/año = Lt/m² por año).

A : Área de Captación (m²).

T : Número de meses de poca lluvia o sequía (adimensional).

Método Práctico Alemán (Formagiarini, Munarim, & Ghisi, 2011):

Es un método empírico según el cual se toma el menor entre los siguientes valores para el volumen del reservorio: 6% del volumen anual de consumo o el 6% del volumen anual de la precipitación aprovechada.

$$V_{adoptado} = \min(V, D) \times 0.06 \quad \text{_____} (2.10)$$

Donde:

V : Volumen anual de la precipitación aprovechada (Litros).

D : Demanda anual de agua potable (Litros).

Método Práctico Inglés (Formagiarini, Munarim, & Ghisi, 2011):

Se explica por sí mismo con la siguiente ecuación:

$$V = 0.05 \times P \times A \quad \text{_____} (2.11)$$

Donde:

P : Precipitación media anual (mm).

V : Volumen de agua pluvial aprovechada o volumen de agua del tanque cisterna (Litros).

A : Área de recolección (m²).

Método Práctico Australiano (Formagiarini, Munarim, & Ghisi, 2011):

$$Q = \frac{A \times C \times (P - I)}{1000} \quad \text{_____} (2.12)$$

Donde:

P : Precipitación media mensual (mm).

I: Representa las pérdidas por evaporación, generalmente 2mm.

A: Área de recolección (m²).

Q: Volumen mensual producido por la lluvia (m³).

Método recomendado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente.

Teniendo como base los valores obtenidos en la determinación de la demanda mensual de agua y oferta mensual de agua de lluvia, se procede a calcular el acumulado de cada uno de ellos mes a mes encabezado por el mes de mayor precipitación u oferta de agua. A continuación, se procede a calcular la diferencia de los valores acumulados de cada uno de los meses de la oferta y la demanda respectivamente (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001, pág. 12).

Las áreas de techo que conduzcan a diferencias acumulativas negativas en alguno de los meses del año se descartan porque el área supuesta no es capaz de captar la cantidad de agua demandada por los interesados. El área mínima de techo corresponde al análisis que proporciona una diferencia acumulativa próxima a cero (0) y el volumen de almacenamiento corresponde a la mayor diferencia acumulativa. Áreas de techo mayor al mínimo darán mayor seguridad para el abastecimiento de los interesados (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, 2001, pág. 13). El volumen del tanque de almacenamiento se calcula con la siguiente ecuación.

$$V_i = Aa_i - Da_i \text{ _____ (2.13)}$$

Donde:

V_i = Volumen del tanque de almacenamiento necesario para el mes *i*.

Aa_i = Oferta acumulada en el mes *i*.

Da_i = Demanda acumulada en el mes *i*.

Si analizamos los anteriores métodos siempre tienen como factor el tiempo en el que se desea almacenar el agua, es decir el volumen del tanque varía si se desea consumir el agua pluvial durante la misma temporada de lluvia o se almacenará para consumirla durante el periodo de estiaje, o quizás se realicen las dos acciones simultáneamente, consumiendo y almacenando el agua para periodos posteriores. Sobre el último punto Grandéz (2014) en su tesis realiza un análisis diario y asume que el consumo y almacenamiento de agua serán simultáneos y para el cálculo del volumen del tanque

de almacenamiento procede de la siguiente manera: Primero se asume un volumen del tanque de almacenamiento, pero previamente se ordenan los datos encabezando el día de mayor precipitación u oferta de agua y luego se continua con el orden regular de los días, luego el volumen actual en el primer día será igual a volumen del tanque asumido, posteriormente el saldo es la diferencia entre el volumen actual y la demanda. En el segundo día el volumen actual será la suma de la oferta precipitada en ese día más el saldo del día anterior, y de igual manera se procede para todos los días del año. El volumen del tanque de almacenamiento será el que nos ofrezca potencial de ahorro de agua potable óptimo. Adicionalmente se debe mencionar que este cálculo se basa en que el suministro de agua será dual, es decir que cuando el agua de lluvia almacenada se agote, se llenara nuevamente, pero con agua potable esto con el fin de garantizar un suministro constante.

La viabilidad y eficiencia del proyecto opino que depende fundamentalmente del dimensionamiento del tanque de almacenamiento, ya que es el elemento más caro y desempeña un papel decisivo para atender la demanda. Entonces combinar adecuadamente el volumen con el costo del proyecto, resultara en una eficiencia óptima y un bajo costo relativo.

Algo importante que resaltar es que con esta investigación no se pretende reemplazar por completo al agua potable, por tanto, las lluvias no será la única fuente, y se debería adoptar los criterios más conservadores a fin de no desperdiciar el agua.

Por otro lado, el tema constructivo del tanque de almacenamiento se define, en primer lugar, decidiendo su ubicación y si se encontrara enterrada o sobre la superficie.

La siguiente, es elegir si será construido insitu o será una cisterna prefabricada. Y en el tercer paso, se decide el material de la cisterna.

Los materiales más comunes para la construcción de tanques de almacenamiento son:

a) Concreto: La mayoría de tanques de almacenamiento contruidos con este material, se construyen en el mismo lugar. Son generalmente rectangulares y pueden adquirir cualquier volumen.

b) Metales: Los tanques cisterna de fierro galvanizado, son contruidos normalmente para permanecer sobre la superficie del suelo y pueden ser fabricados de acuerdo las especificaciones del cliente.

c) Plástico: Los tanques cisternas de plástico puedes estar enterrados, semienterrados o sobre la superficie del suelo. Por otro lado, son fáciles de transportar e instalar

además de ser durables y flexibles. La empresa fabricante de estos tanques de cisternas, ROTOPLAS, ofrece las siguientes de dimensiones de Tanque cisterna en el mercado:

CUADRO N° 2.05: DIMENSIONES DE UN TANQUE CISTERNA MARCA ROTOPLAS

CAPACIDAD (L)	DIÁMETRO	ALTURA
1 200	1.10/0.55 m	1.40 m
2 800	1.10/0.55 m	1.85 m
5 000	2.20/0.55 m	1.50 m
10 000	2.20/0.55 m	2.90 m

FUENTE: ROTOPLAS, "SOLUCIONES PARA ALMACENAMIENTO, Cisternas Equipadas, Manual de Instalación y Mantenimiento"

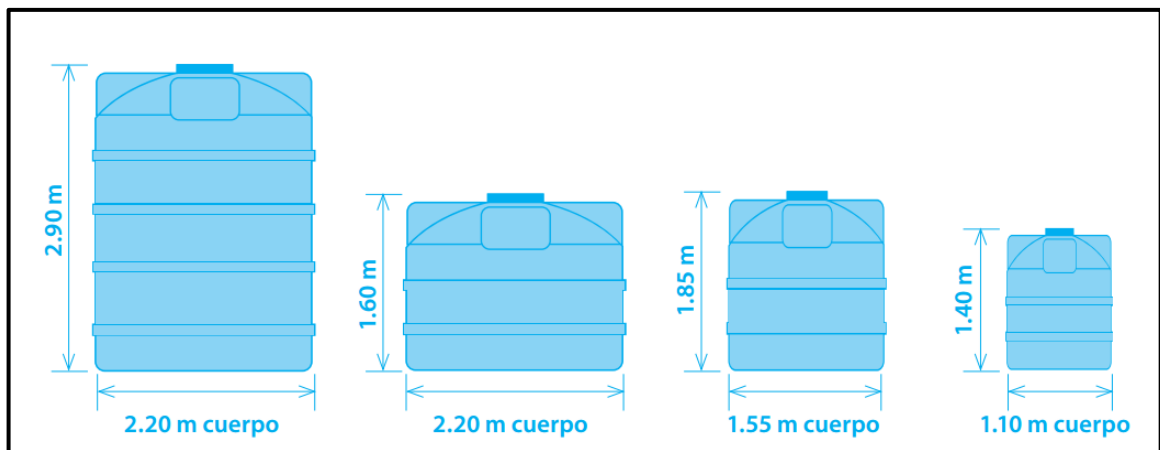


FIGURA N° 2.07: DIMENSIONES DE UN TANQUE CISTERNA ROTOPLAS

FUENTE: ROTOPLAS, "SOLUCIONES PARA ALMACENAMIENTO, Cisternas Equipadas, Manual de Instalación y Mantenimiento"

3. Sistema de distribución

El sistema de distribución lleva el agua almacenada de los tanques a donde se requiera su uso. Los sistemas incluyen tuberías de agua y hasta emisores de goteo. En ocasiones es necesario de un sistema para llevar agua a puntos de suministro donde no se pueda garantizar el suministro por gravedad.

Este sistema está compuesto por un equipo de bombeo (simple o múltiple en función de la demanda calculada) y sus accesorios y equipos de control y regulación.

Para fines de esta investigación se utilizará el método de Hunter, explicado por el Ministerio de Vivienda, mediante la Norma IS 010 INSTALACIONES SANITARIAS PARA EDIFICACIONES, que considera el criterio de consumo simultáneo Máximo Probable, que se basa en ser poco probable el funcionamiento simultáneo de todos los aparatos sanitarios de un mismo ramal y en la posibilidad de que con el aumento de número de aparatos el funcionamiento simultáneo disminuye.

3.1. Tipos de instalaciones de distribución

Según Aqua España (2010, pág. 13) los tipos de instalaciones de distribución son:

3.1.1. Por gravedad. Cuando la cisterna se encuentra a un nivel superior al suministro.

3.1.2. En carga con electrobomba. Aquellas cuyo depósito se encuentra a un nivel igual o superior al del sistema de elevación.

3.1.3. En aspiración con electrobomba de superficie. Aquellas cuyo depósito se encuentra a un nivel inferior al del sistema de elevación. Es la más común de las instalaciones de aprovechamiento de agua pluvial. En este caso se requiere la instalación de un equipo de bombeo auto aspirante. Se recomienda, no obstante incorporar una válvula de pie si el dispositivo de aspiración no la contempla.

Una variante es la aspiración con electrobomba sumergible. También puede instalarse, en estos casos, una bomba sumergible dentro de la cisterna de almacenamiento de agua de lluvia para impulsar directamente a los puntos de suministro o como bomba de transferencia a una central de distribución.

Se recomienda, a efectos de conseguir una larga vida útil de los equipos, la utilización de materiales constructivos que no se deterioren por el contacto con el agua pluvial y en concreto resistentes a la corrosión.

3.2. Tipos de redes de distribución

Según la empresa Aqua España (2010, pág. 13) los tipos de redes de distribución son:

3.2.1. Sin garantía de suministro.

En los casos en que el suministro se limita a la disponibilidad de agua de lluvia en la cisterna. Los componentes necesarios son: electrobomba, equipo de control de la electrobomba y sistema de conducción hasta los suministros.

3.2.2. Con garantía de suministro.

En los casos en que el suministro debe garantizarse en los suministros durante todo el año. Los componentes necesarios son: electrobomba, equipo de control de la electrobomba, depósito de aspiración, válvula de retención y sistema de conducción hasta los suministros.

3.3. Componentes de la red de distribución

Según la empresa Aqua España (2010, pág. 13) los componentes de la red de distribución son:

3.3.1. Electrobomba. Debe realizarse la correcta selección del equipo de elevación con arreglo a las especificaciones de la obra siguiendo el criterio de máxima eficiencia y mínimo consumo. Pueden incluirse en centrales de distribución con depósito de

aspiración incluido o instalarse de forma singular. En este caso se recomienda la instalación de soportes anti vibratorios en la bancada de la electrobomba de superficie para evitar la transmisión de vibraciones. Todas las electrobombas deben ser correctamente cebadas antes de su primera operación, siguiendo las instrucciones del fabricante.

3.3.2. Depósito de aspiración. Depósito donde se acumula agua de la red y de donde aspirará la bomba en caso de necesidad, cuando el nivel de agua pluvial en la cisterna no es suficiente para garantizar el suministro en los puntos de demanda. Una válvula de tres vías o mecanismo similar deberá asegurar la correcta conmutación automática entre las dos redes de agua.

3.3.3. Equipo de control de la electrobomba. La electrobomba deberá estar gobernada por un sistema de detección de flujo y presión o similar con el fin de dar orden de paro o arranque según corresponda a la utilización de la instalación. Este equipo deberá proteger la electrobomba contra el trabajo en seco.

3.3.4. Válvula de retención: Solo se deberá instalar aguas arriba de la central de distribución si la instalación es del tipo “Aspiración con electrobomba de superficie” en su variante de superficie.

3.3.5. Sistema de conducción hasta los suministros. Debe ser específica para agua de lluvia. Con el fin de separar la red de agua potable de otras redes no potables deben instalarse dispositivos de separación física o de salida libre, que deberán estar incluidos en las centrales de distribución o deberán ser instaladas ex profeso en los otros casos.

cuando la instalación no cuente con una central de distribución se deberá instalar un sistema de detección de demanda de agua y de detección del nivel de agua existente en la cisterna. En este caso debe dotarse la cisterna de un interruptor que limite el volumen de agua de la red a ingresar si el nivel de pluvial no es suficiente

2.5.3. Marco Conceptual: terminología básica.

1. Agua pluvial: Es toda forma de humedad que, originándose entre las nubes, llega hasta la superficie terrestre. La precipitación se mide en altura de agua y la unidad más común es mm, y 1mm equivale a 1 L/m².

2. Agua potable: Agua para el consumo humano, o al agua que puede ser consumida sin restricción debido a que, gracias a un proceso de purificación, no representa un riesgo para la salud. El término se aplica al agua que cumple con las normas de calidad

promulgadas por las autoridades locales e internacionales.

3. Canaleta: Elemento de conducción del agua pluvial acumulada de la superficie de recogida, que posteriormente se dirigirá a través de bajantes hacia el sumidero para ingresar en el sistema de aprovechamiento de agua pluvial.

4. Ciclo hidrológico: Conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado sólido, líquido y gaseoso como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.).

5. Cisternas: Recipientes de acumulación de agua.

6. Coeficiente de escorrentía: Depende de numerosos factores: del tipo de precipitación (lluvia, nieve o granizo), de su cantidad, de su intensidad y distribución en el tiempo; de la humedad inicial del suelo; del tipo de terreno (granulometría, textura, estructura, materia orgánica, grado de compactación, pendiente, micro relieve, rugosidad), del tipo de cobertura vegetal existente; del lapso de tiempo que consideremos (minutos, horas, días, meses, un año), etc. El coeficiente de escorrentía puede tomar valores comprendidos entre cero y uno.

7. Demanda de agua: Volumen de agua, en cantidad y calidad, que los usuarios necesitan adquirir para satisfacer un determinado objetivo de producción o consumo.

8. Dotación de agua: Cantidad de agua que se asigna para cada habitante y que incluye el consumo de todos los servicios sumando las pérdidas, que realiza en un día medio anual.

9. Oferta de agua: Volumen de agua del que dispone la fuente de abastecimiento.

10. Potencial de Ahorro de Agua Potable: Porcentaje en que disminuye el uso de agua potable en el abastecimiento de la demanda debido al uso de nuevas fuentes de abastecimiento, por ejemplo, agua de lluvia, agua subterránea entre otros.

11. Precipitación media anual: Promedio de las precipitaciones diarias obtenidas en un año.

12. Sostenibilidad: Característica o estado según el cual pueden satisfacerse las necesidades de la población actual sin comprometer la capacidad de generaciones futuras o de poblaciones de otras regiones de satisfacer sus necesidades.

13. Sumidero: Elemento físico superficial y conducto por donde entra el agua a un sistema de reaprovechamiento de agua pluvial.

14. Suministro: Proveer a alguien de algo que requiere.

15. Superficie de captación: Superficie en la cual se recoge agua pluvial para ser utilizada en un sistema de reutilización de agua pluvial.

2.5.4. Marco Histórico

El aprovechamiento de aguas pluviales es una práctica tan básica desde las culturas clásicas. Como, por ejemplo, los romanos; ellos tenían sofisticados sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales para su época, estos consistían en la creación de depósitos, en donde se guardaban las aguas pluviales la cual para esa época se consideraba que poseía propiedades mucho más salubres que las aguas fluviales los cuales fueron para ellos, los lugares para el desecho, la putrefacción de animales muertos o la propia defecación de estos.

Así, hacia el siglo VI A.C. las casas romanas estaban dotadas de cisternas que recogían el agua del tejado. Hacia el siglo III. A.C., para mejorar la recogida de esta agua, se comenzaron a construir en el atrium de los domus una abertura cuadrangular en el tejado, llamada compluvium, por donde caía el agua procedente de los distintos tejados. El agua de esta manera, caía al interior de este patio, siendo recogida en un estanque, normalmente construido en piedra o mármol, llamada impluvium. En este lugar, el agua reposaba para que las impurezas arrastradas a lo largo del tejado se depositaran en el fondo. Posteriormente por un orificio en una posición más alta que el fondo, el caía a una cisterna subterránea bajo el atrium. Allí, era almacenada para su posterior uso. En ocasiones, una red de tuberías empotradas en la pared la llevaban directamente al impluvium. Aunque este último sistema solía ser poco práctico, pues las fuertes lluvias provocaban que los conductos no fueran capaces de desaguar a grandes caudales.

Por otro lado, la cultura Inca y las culturas Preincaicas tuvieron más de 5000 años de convivencia con la naturaleza y respeto a los astros y recursos naturales los que hicieron que nuestros antepasados usaran de manera armónica y respetuosa su entorno, el agua y el suelo.

Dentro de esta cultura “Identificamos siete grandes sistemas” (Ancajima, 2016).

1. Sistemas de Producción
2. Sistema de Represas Altoandinas
3. Sistema de recarga de acuíferos – Amunas
4. Sistema de Andenes
5. Sistemas de Riegos
6. Sistema de Acueductos
7. Sistema de Cochas

Para tener en claro la relación de estos sistemas con este tema de investigación, en las siguientes líneas se define cada uno de estos.

1. Sistemas de Producción:

“Un gran ejemplo de los sistemas de producción lo constituyen los waru waru. Los Waru Waru, son prácticas ancestrales de uso común en el altiplano, en áreas inundables o inundadas, que consisten en “jalar” tierra formando una plataforma o “cama” rodeada de agua, donde se realiza la siembra. Esta agua alrededor del waru waru crea un microclima que mitiga el efecto de las heladas, permitiendo el desarrollo de los cultivos” (Ancajima, 2016).

2. Sistema de Represas Altoandinas.

A lo largo de los andes podemos apreciar una serie de represas que por su ubicación denominamos alto andinas, de mediana capacidad, cuya función era almacenar las aguas de las lluvias. Podemos apreciar capacidades desde unos cientos de miles de metros cúbicos hasta cerca del millón de metros cúbicos; nunca posicionadas en los cauces de los ríos, como ahora, que vemos represas de gran capacidad en el eje del río (Gallito Ciego) que, por el proceso propio de erosión de la cuenca, están colmatándose y trabajan con una capacidad de cerca del 50% (Ancajima, 2016).

Estas represas muestran la gran ingeniería hidráulica, el buen conocimiento de las Cuencas, que fueron utilizadas muchos siglos antes que se formará el Imperio del Tahuantinsuyo. Es necesario rescatar y reutilizar tan sabia experiencia que aún no ha sido superada por la ciencia y tecnología actual (Ancajima, 2016).

3. Sistema de recarga de acuíferos – Amunas

Amunas de mayor presencia en la serranía de Lima, son una práctica ancestral de recarga de acuífero, que ahora se muestra como novedosa, pero que los pre incas limeños hicieron con excelentes resultados; como hasta ahora lo practican los pobladores de Tupicocha en Huarochiri, Lima (Ancajima, 2016).

El sistema funcionaba con zanjas abiertas que siguen las curvas de nivel de las punas, lo que permitía conducir el agua de lluvia hasta un lugar llamado cochas, abiertas para recibir el agua y que luego se filtrara en la montaña para surgir, aguas abajo, como puquios meses después; exactamente cuando no hay lluvias y el estiaje es más marcado en la cuenca, de esa manera realizaron agricultura y mantuvieron al pueblo provisto de alimentos (Ancajima, 2016).

4. Sistema de Andenes

Los andenes son bancales o conjuntos de terrazas escalonadas construidas en las

laderas de las montañas andinas y rellenas con tierra de cultivo (Wikipedia, 2016)

5. Sistemas de Riegos

Se trata de unos bloques tallados por los que discurre agua en una suave pendiente, que incluye túneles y codos en zigzag para aminorar la velocidad de la corriente. Los bloques de piedra ubicados al inicio del recorrido –los petroglifos propiamente dichos– tienen diversos planos tallados y pulidos (Ancajima, 2016).

6. Sistema de Acueductos

Estos acueductos conducen las filtraciones de los ríos, Aija, Tierra Blancas y Nazca por tramos subterráneos (galerías socavón) y por tramos descubiertos (galería zanjón) (Ancajima, 2016).

En los tramos cubiertos construyeron chimeneas de sección helicoidal cada cierto tramo (50, 100 y 120 m), con el fin de realizar el mantenimiento de las zanjas y cargar con la presión atmosférica al acueducto y mantener el régimen de flujo uniforme, el mismo que no causa erosión ni sedimentación en el canal. Las chimeneas tienen una longitud promedio aproximado de 70 a 80 pasos (unos 49 m) donde se puede ingresar con relativa facilidad a realizar el mantenimiento. Las paredes de estas chimeneas están revestidas con piedras canto rodado, colocados aparentemente sin aglomerante y mantienen su estabilidad a pesar de los fenómenos naturales ocurridos (Ancajima, 2016).

7. Sistema de Cochas

Nuestros antepasados usaron un conjunto de cochas o reservorios pequeños que permitía almacenar el agua proveniente de los ojos de agua, de manantiales para poder usarla de una manera más eficiente en los momentos de riego (Ancajima, 2016). Un claro ejemplo lo vemos en la cuenca de Chancay-Huaral, en la sub cuenca media Añasmayo, donde los comuneros de Huayopampa hacen un uso eficiente del agua de riego desde la captación en los puquios, la conducción, el almacenamiento en un sistema de cochas y la aplicación del agua en la planta (Ancajima, 2016).

2.6. Hipótesis a demostrar.

Con un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales se lograría contribuir en el ahorro de agua potable en la ciudad universitaria de la UNSM reduciendo su consumo en los usos identificados, a menos del 50%.

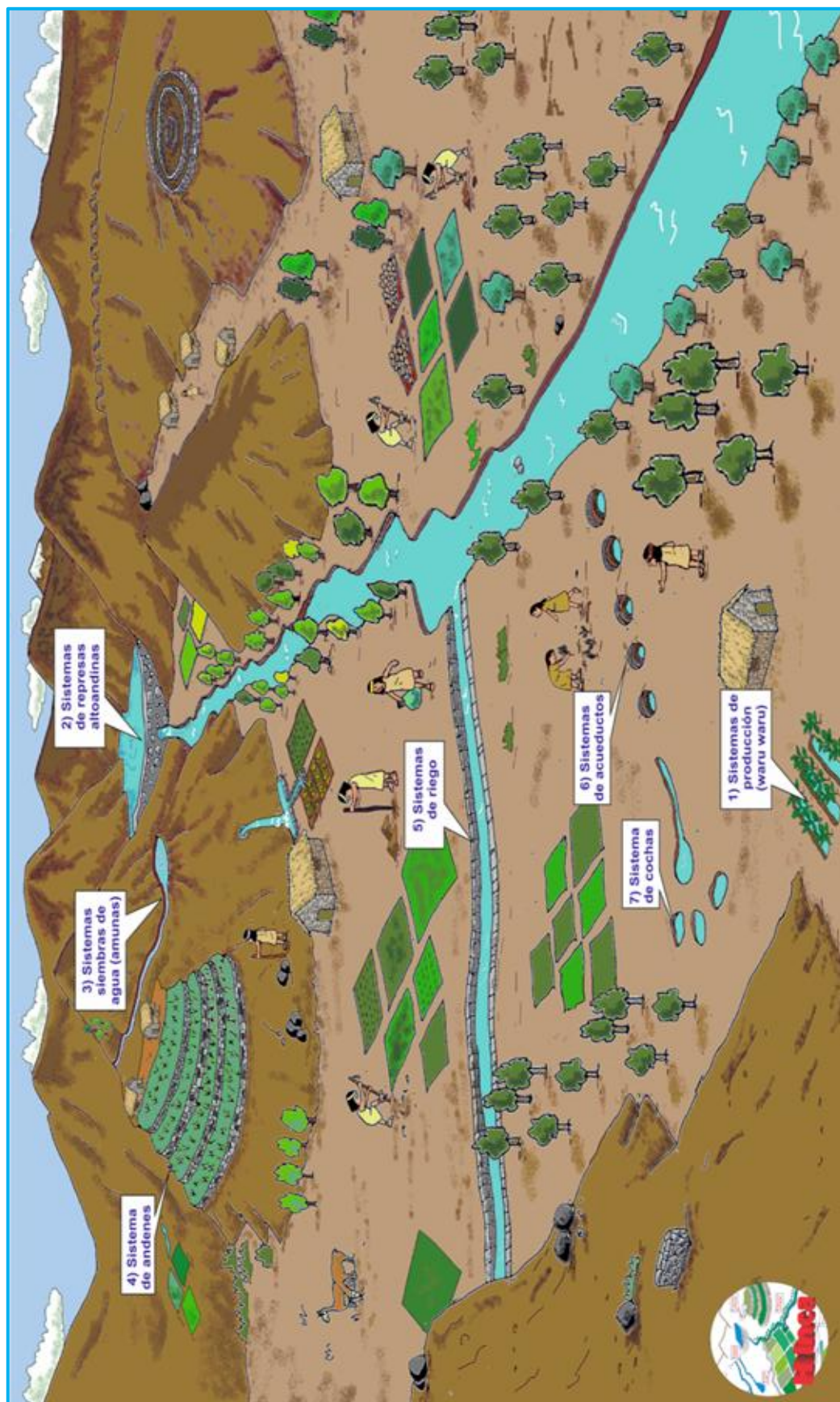


FIGURA N° 2.08: Esquema donde se trata de sistematizar las principales formas de uso del agua que le dieron los Incas.
 FUENTE: Ancajima Ojeda, *"Hidráulica Inca"*, 2016

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales.

3.1.1. Recursos Humanos:

- 01 tesista.
- 01 asesor de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura (UNSM - T).

3.1.2. Recursos Materiales:

- Plano de las edificaciones existentes en la ciudad universitaria de la UNSM.
- Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma IS 010 Instalaciones Sanitarias.
- Materiales de impresión (papel bond, tinta, impresora)
- Libros y artículos científicos de consulta.
- Materiales de almacenamiento de datos (CD y USB)

3.1.3. Recursos de Equipos:

- Computadora portátil laptop.
- Cámara fotográfica.
- Medios de comunicación (celulares)

3.1.4. Otros Recursos:

- Software de ingeniería (AutoCAD)
- Software Microsoft Word version 2016.
- Software Microsoft Excel version 2016.
- Software Microsoft Power Point version 2016.
- Navegador de internet (Google Chrome).
- Movilidad hacia la zona de estudio.

3.2. Metodología.

3.2.1. Universo, Muestra Población.

a. Universo o población.

Las precipitaciones pluviales caídas en la zona de la ciudad universitaria de la UNSM.

b. Muestra.

Las precipitaciones pluviales suscitadas en la zona de estudio 10 años atrás.

3.2.2. Sistema de Variables

→ Variable independiente

Oferta hídrica de las precipitaciones pluviales en la zona de la ciudad universitaria de la UNSM.

→ **Variable dependiente**

Ahorro de agua potable en la ciudad universitaria de la UNSM.

→ **Variable intermedia o condicionante**

Diseño hidráulico del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales.

3.2.3. Diseño de la investigación.

Se trata de un diseño de “**investigación no experimental**”, puesto que lo que haré es estudiar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural (precipitaciones pluviales). El esquema del diseño de investigación es la siguiente:

CUADRO N° 3.01: VARIABLES DEL ESQUEMA DE DISEÑO DE INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL

X	Situación problemática de la investigación.
A	Recopilación de la información pluviométrica de la zona
B	Análisis de la información recopilada
C	Recopilación de la información arquitectónica de las edificaciones
D	Identificación de la demanda de agua potable de la ciudad universitaria de la UNSM en los usos en los que el agua de lluvia puede reemplazarlo y reconocimiento de campo
E	Diseño hidráulico del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales
F	Análisis del potencial de ahorro de agua potable
Y	Resultados de la investigación, presentación de la validación de las hipótesis

FUENTE: PROPIA

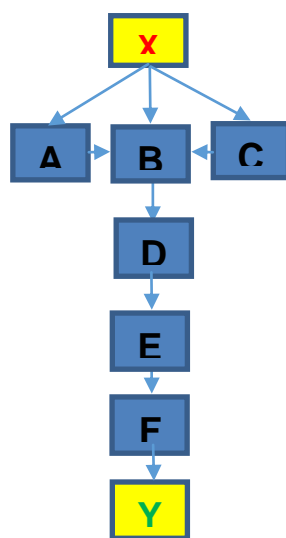


FIGURA N° 3.01 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL
FUENTE: Elaboración propia.

3.2.4. Diseño de instrumentos.

a) Fuentes técnicas

→ La información sobre el diseño del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales se obtuvo por el contacto directo con el problema en estudio, es decir se adquirirá in situ; por otro lado, también se obtuvo información por las consultas a profesionales especializados en la hidrología y el diseño de instalaciones sanitarias.

→ Recopilación de información existente en fuentes bibliográficas y linkograficas

(libros, revistas, y páginas web) (se utilizó toda la información que se encuentra en el marco teórico).

→ La información pluviométrica es decir los datos de precipitación pluvial caída en el distrito de Morales durante 10 años atrás se obtuvieron del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología).

→ La información arquitectónica es decir los planos arquitectónicos de las edificaciones existentes en la ciudad universitaria de la UNSM se obtuvieron gestionándolos en la Oficina de Infraestructura de la UNSM.

→ La identificación de los usos del agua potable en los que el agua de lluvia puede reemplazar al agua potable, así como el número de trabajadores o estudiantes en cada edificación se obtuvieron tras consultar en cada facultad de la ciudad universitaria de la UNSM.

b) Instrumentos

→ Instrumentos bibliográficos

Se recurrió a distintas fuentes del tema en forma general y también de aquellas que tocan el tema en forma puntual, dentro de los cuales tenemos: bibliotecas virtuales, investigaciones, ensayos, manuales, guías y libros especializados en el tema, todos ellos mencionados en la bibliografía.

→ Instrumentos de oficina:

Dentro de la oficina se utilizaron: una computadora (laptop), lapiceros, papel e impresoras. Por otro lado, también se utilizaron diversos softwares para procesar la información como son el AutoCAD 2016, Microsoft Excel 2016, Microsoft Word 2016, Microsoft Power Point 2016.

→ Otros

Se utilizaron instrumentos auxiliares durante el reconocimiento de campo, como son movilidad (moto lineal) para llegar al lugar, y una cámara fotográfica para tomar fotografías de las edificaciones, así como un celular para realizar las coordinaciones pertinentes.

3.2.5. Procesamiento de información.

3.3.5.1. Recopilación de información pluviométrica de la zona

La información pluviométrica de la zona, es decir la precipitación diaria desde el año 2007 hasta el 2016, se gestionó en el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

CUADRO N° 3.2: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2007, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2007												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	7.5	0.8	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
2	37.0	3.5	14.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	3.9	0.0	2.8	0.0	12.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0
4	5.6	0.0	3.9	6.8	1.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.0	2.2	0.4	0.0	0.0	0.0	45.2	0.0	25.0	0.0
6	4.3	0.0	18.2	2.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.5
7	0.0	0.0	3.1	3.0	3.0	0.0	0.6	0.0	0.0	10.9	12.0	0.0
8	21.2	0.0	9.0	4.8	45.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	4.5	0.0	16.2	22.2	0.0	1.2	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
10	8.1	5.7	2.8	0.0	0.0	16.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	1.3	33.0	0.4	0.0	0.6	0.0	11.4	2.2	0.0	0.0	0.0
12	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.0	6.0	0.5	1.1	0.0	0.0	8.5
13	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	2.0	0.0	2.2	0.0	0.0	5.3
14	0.0	0.0	0.4	8.0	0.0	0.0	7.0	2.8	0.0	0.0	13.3	0.3
15	3.3	0.0	0.2	14.5	0.0	0.0	11.4	35.0	3.0	0.0	37.5	0.0
16	4.8	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1	9.1	1.0
17	22.3	0.6	0.0	5.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0
18	0.2	0.0	36.5	0.0	3.4	1.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.1	0.0
19	3.7	0.0	48.0	2.1	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0
20	2.7	0.0	0.0	0.8	0.0	2.2	0.2	0.0	0.3	3.3	0.0	7.0
21	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.5	0.8
22	1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	4.0	0.5
23	0.0	0.3	12.8	5.8	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
24	0.0	0.0	0.7	0.0	23.0	1.5	0.3	0.0	15.2	4.0	9.0	0.0
25	0.4	2.4	0.0	2.4	0.0	0.0	2.8	0.0	31.0	15.4	20.5	0.0
26	0.0	3.8	20.6	21.0	0.0	0.0	60.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0
27	0.5	0.0	22.8	2.4	0.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	2.1
28	0.0	0.0	17.0	15.5	0.0	0.0	0.0	4.3	0.1	37.8	0.0	0.2
29	0.0		10.5	0.0	0.0	0.0	0.0	46.2	3.5	0.0	1.3	1.3
30	2.5		0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	4.5	18.5
31	0.0		19.8		2.4		0.0	0.0		0.0		0.0
SUMA	121.50	34.40	278.90	119.30	138.70	21.80	91.50	104.20	106.00	104.90	211.80	50.10

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.3: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2008, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2008												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.4	0.0	0.7	0.0	6.1	2.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	51.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.5	0.0
3	0.0	91.0	0.0	5.2	0.0	0.0	0.2	0.0	4.3	0.0	1.5	0.0
4	0.2	10.6	11.1	5.3	0.0	0.0	0.0	2.0	10.5	0.0	10.5	0.0
5	4.0	1.3	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.5	14.6	17.4	0.0	15.3
6	16.0	19.2	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	1.6	2.3	0.0	5.3
7	1.2	11.0	5.5	0.0	0.0	0.0	3.0	0.0	12.8	0.0	0.0	0.0
8	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.1
9	0.1	0.0	0.0	2.2	0.7	9.4	9.3	6.8	0.0	0.0	2.5	7.4
10	6.0	0.0	25.0	1.5	0.9	1.1	1.9	0.2	3.9	0.0	0.0	0.0
11	10.9	7.0	11.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	25.6	5.0	2.9	7.5	2.1	0.8	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	3.9
13	7.3	0.0	2.0	0.3	25.6	2.0	0.0	2.0	1.6	9.3	18.0	1.5
14	0.0	0.2	21.0	13.8	0.0	19.9	0.0	0.5	7.9	0.0	6.0	0.0
15	0.0	1.2	5.8	5.0	0.0	4.2	0.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	24.0	0.0	0.0	38.0	0.0	0.0	9.4
17	0.0	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.8	0.0	0.3	0.0
18	0.0	0.0	4.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0
19	0.0	4.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0
20	0.2	0.0	0.0	0.0	2.0	1.5	0.2	0.0	0.7	5.2	0.9	1.5
21	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	4.5	1.8	0.0	0.8	4.3	5.2	0.0
22	0.0	0.0	22.5	0.0	6.2	6.2	0.0	0.0	0.0	3.9	0.0	0.0
23	0.0	0.6	2.0	0.0	1.0	22.2	0.0	3.2	0.0	4.5	4.3	0.0
24	23.0	1.0	27.5	2.0	0.0	5.0	0.4	0.0	0.0	0.0	9.0	0.0
25	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.5	0.6	0.0	5.3	0.0
27	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.2	0.0	0.0
28	1.2	15.5	7.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0	0.0	13.3	0.0	0.0
29	0.7	0.0	1.0	0.0	7.5	0.0	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0
30	0.0		0.0	0.0	21.0	0.0	0.0	10.4	0.8	0.0	9.5	5.3
31	0.0		0.0		6.5		0.0	0.0		7.0		0.0
SUMA	96.80	192.80	155.60	100.70	81.60	103.20	19.00	40.50	103.40	83.50	85.50	49.70

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.4: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2009, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2009												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	2.2	3.2	0.5	4.2	13.5	0.0	1.6	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0
2	16.5	0.0	5.2	16.0	0.0	16.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.7	0.0	9.5	10.2	17.2	0.0	7.0
4	0.0	11.3	5.2	0.0	1.2	0.0	4.1	0.7	4.2	17.0	0.0	0.0
5	3.2	10.9	28.0	0.0	36.5	0.0	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	3.2	0.0	15.5	0.0	28.2	0.0	5.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0
7	1.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	9.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.5	13.0	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0
9	0.0	0.0	3.5	2.2	0.0	0.0	0.0	0.8	0.0	2.5	0.0	0.0
10	26.5	49.0	15.4	31.8	0.0	0.0	0.0	0.0	17.3	0.0	0.0	1.3
11	15.5	4.2	10.0	6.0	0.0	11.5	0.0	5.0	31.5	0.0	5.8	0.0
12	29.4	0.2	6.4	1.0	0.0	47.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.5	0.0
13	19.5	0.0	11.8	0.2	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
14	1.0	12.6	2.1	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	13.7	0.0	0.0
15	0.0	0.8	6.6	15.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2
16	0.0	1.6	6.0	0.2	5.0	7.2	0.0	0.0	6.5	0.0	10.8	0.0
17	11.2	0.0	0.0	16.7	0.0	0.0	5.3	3.5	0.0	0.0	10.1	0.1
18	5.0	9.6	0.4	16.0	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.3	34.8
19	0.0	0.0	7.8	2.8	2.6	0.3	0.0	0.0	0.0	18.4	0.0	0.6
20	1.7	0.0	7.6	1.8	2.3	8.4	0.0	0.0	0.0	11.3	0.0	0.0
21	6.8	16.3	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	19.1	20.0	0.0	3.2	42.0
22	2.1	24.5	0.0	9.2	9.8	0.0	8.5	1.1	0.0	5.9	0.3	0.6
23	4.1	12.6	21.0	0.0	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0	0.2	1.0	0.0
24	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	2.2	7.6	25.0	11.2	0.0	0.0	8.4
25	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	3.8	23.6	0.0	1.1	0.0	5.4
26	0.0	0.0	1.2	35.5	0.0	0.0	0.0	0.5	1.1	7.2	0.0	0.0
27	0.0	0.0	6.3	5.5	4.3	29.7	1.5	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
28	0.0	2.0	1.0	19.7	4.2	0.0	0.5	0.0	15.1	0.0	25.0	0.0
29	5.6		4.3	3.3	1.2	0.0	0.0	0.0	2.8	0.2	13.5	0.0
30	0.0		0.0	18.0	0.0	1.1	0.0	0.0	12.6	0.0	0.5	0.0
31	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
SUMA	154.50	158.80	168.50	244.40	117.10	128.50	53.60	95.70	132.50	99.30	108.00	101.40

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.5: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2010, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2010												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	1.5	6.2	0.0	5.4	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	0.0
2	0.0	0.8	6.5	2.8	0.0	0.0	0.0	44.5	2.8	0.0	1.3	0.4
3	0.0	2.5	17.6	26.9	4.2	0.0	0.0	4.3	0.0	15.2	0.0	47.8
4	22.0	37.0	6.8	20.7	7.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	23.3
5	5.6	2.3	5.6	46.5	0.0	2.1	0.0	0.0	23.9	0.0	0.0	0.7
6	0.0	62.4	9.5	24.7	0.0	40.6	0.0	0.0	0.0	0.0	98.4	0.0
7	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.2	6.1	0.0	0.0	0.0	4.5	0.0
8	0.0	0.0	0.0	0.2	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	5.1	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	31.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	5.4	0.0	4.2	0.0	0.3	0.0	0.0	0.5	23.2	0.0
11	1.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	0.0	16.8	28.7	0.0
12	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	8.8	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9
14	0.0	0.0	0.0	19.0	0.0	0.1	0.0	0.0	7.6	3.2	1.0	3.9
15	0.0	0.3	3.6	0.0	0.0	0.0	4.4	0.0	2.1	1.4	14.3	0.0
16	2.2	8.5	8.2	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
17	0.6	7.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0
18	0.0	0.1	1.5	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	4.3	5.8	21.4	0.2
19	0.0	6.2	0.0	8.7	5.4	0.0	0.0	0.0	0.0	11.8	2.7	1.8
20	0.0	0.0	0.2	0.0	14.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.8
21	0.0	1.4	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8
22	32.2	15.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0
23	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	0.0	0.0	0.0
24	0.0	2.2	0.0	0.0	13.6	3.3	0.0	0.0	0.0	27.7	0.0	0.0
25	1.3	0.0	0.8	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.3	14.9
26	0.0	0.0	7.2	72.8	7.9	0.0	0.0	19.2	0.0	2.0	0.3	10.8
27	0.3	0.0	0.6	7.5	3.9	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	1.3	0.5
28	6.5	0.0	6.3	0.8	0.0	1.6	0.8	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0
29	0.0		0.0	4.6	0.0	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.4	0.0
30	0.0		14.2	2.3	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	7.5	0.9	0.0
31	0.0		1.4		0.0		0.0	0.0		0.0		0.0
SUMA	71.70	156.20	112.50	254.70	103.70	64.70	17.90	70.20	43.90	100.80	207.50	116.20

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.6: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2011, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2011												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	1.1	63.2	0.0	6.5	0.0	10.8	0.0	0.0	12.1	0.0	61.8
2	0.0	0.3	15.2	0.0	22.8	0.0	49.2	0.0	0.5	1.3	7.3	0.0
3	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
4	0.0	1.5	1.2	0.5	0.0	65.2	0.0	9.8	0.0	0.5	0.0	0.0
5	42.4	0.5	0.0	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	39.0	0.0
6	0.5	0.0	0.3	51.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	2.2	6.0	4.1
7	0.0	0.5	0.7	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.8	5.6	0.0
8	0.0	7.7	1.7	7.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.4	0.0	13.4
9	0.0	0.0	0.2	10.1	3.8	0.0	0.5	0.0	0.0	4.5	0.0	5.1
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	10.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	0.0	3.2	0.3	0.0	0.0	12.6	2.1	0.3	11.8	0.0	8.5	0.0
12	0.7	8.1	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	3.9	0.0	7.1	7.7
13	0.0	1.2	0.1	0.0	31.5	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.5
14	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.5	4.0
15	0.0	2.9	0.0	25.2	0.4	0.0	2.9	0.0	0.0	0.0	1.8	0.3
16	0.0	0.0	0.0	1.3	5.4	1.9	0.0	0.0	0.3	0.0	18.2	0.3
17	0.0	0.0	2.3	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.8	2.3
18	0.0	0.0	0.1	0.4	0.0	0.6	2.0	0.0	0.6	24.6	49.2	0.9
19	0.0	0.0	0.9	7.5	4.2	0.0	11.3	0.0	21.6	4.1	12.4	5.7
20	0.0	0.0	27.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	10.4
21	0.0	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	1.3	2.9	0.0	9.8	35.5
22	0.0	0.0	0.4	0.0	0.6	27.7	0.0	0.0	0.3	0.0	2.9	1.9
23	0.0	0.0	6.2	4.6	9.8	1.1	2.8	0.0	0.3	0.0	4.4	0.0
24	0.0	0.0	19.5	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	10.4	0.0	5.9
25	0.0	11.8	4.0	0.8	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
26	0.8	0.7	45.6	16.9	18.2	12.4	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
27	3.1	7.6	10.4	6.4	14.0	0.1	3.7	0.0	1.3	0.4	9.3	0.9
28	25.2	0.0	13.7	0.0	0.3	0.0	1.6	0.0	4.4	1.1	0.0	3.2
29	9.9		0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.0	17.7	0.0	0.5
30	1.8		28.3	0.4	0.0	44.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	0.0		19.2		0.0		0.0	14.5		1.1		0.0
SUMA	84.40	53.30	270.70	135.20	125.10	179.20	93.30	27.10	68.00	90.40	183.20	164.80

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.7: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2012, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2012												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	0.1	0.3	3.3	0.0	4.2	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	38.9
2	0.4	6.5	5.2	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	5.6	0.0	0.0	0.7
3	1.8	19.4	0.8	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	7.2	0.0	0.2	0.0
4	0.0	11.2	10.4	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	2.2	0.0	15.6	0.0
5	0.0	1.2	0.5	0.3	0.0	2.4	0.0	3.8	0.0	4.2	2.1	0.0
6	0.0	35.6	0.0	0.0	0.0	28.8	0.0	1.5	14.0	22.5	0.0	0.0
7	0.7	0.5	20.0	18.2	0.0	6.6	3.7	0.0	0.0	0.6	0.0	1.0
8	4.6	0.0	19.1	26.8	1.6	0.0	15.2	0.0	0.0	2.9	0.0	21.9
9	0.0	0.0	14.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	31.2	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.1	10.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
11	0.0	6.1	7.7	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	11.9	7.6	0.0	0.0
12	55.2	0.0	12.9	6.2	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.2	5.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.7	0.0	3.2	0.0
14	0.3	0.0	9.2	0.0	1.2	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0
15	1.6	0.0	1.0	16.7	40.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
16	2.2	0.0	2.5	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	40.2	6.9	0.0
17	0.9	4.2	6.9	0.3	5.5	0.0	20.0	0.0	0.0	16.3	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	12.3	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	1.7	0.8
19	71.7	9.4	2.0	5.7	5.0	0.7	0.0	0.0	0.0	1.2	0.2	0.0
20	7.0	0.0	0.0	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0
21	0.0	0.4	0.0	14.8	0.3	0.0	0.0	0.0	6.0	0.0	0.0	15.0
22	0.0	26.5	0.0	6.1	3.5	0.0	0.0	0.4	7.2	0.0	0.0	2.6
23	0.0	0.7	0.0	100.5	0.0	7.6	2.0	0.0	0.9	0.6	0.0	4.2
24	0.0	0.0	7.6	0.4	0.0	15.1	0.0	0.0	0.0	14.3	6.0	0.8
25	4.2	0.0	1.7	7.8	0.2	10.6	0.0	8.3	0.3	2.2	5.5	0.2
26	20.8	1.2	0.0	0.0	8.5	10.7	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	7.6
27	22.3	0.2	0.0	0.0	5.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1
28	0.0	1.9	53.1	0.2	6.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
29	0.0	0.0	0.0	17.4	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	8.3	6.5	22.4
30	0.0		0.0	9.8	0.0	0.3	12.5	0.0	0.0	3.7	5.9	82.4
31	0.0		0.3		0.6		4.0	0.0		0.0		10.9
SUMA	193.70	125.10	175.30	298.40	125.10	87.10	59.10	14.30	95.50	137.30	59.30	223.30

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.8: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2013, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2013												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	1.6	0.0	2.9	16.5	4.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1
2	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0	0.0	17.5	0.0
3	28.1	0.0	0.8	4.5	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	9.5	0.0	3.4
4	1.5	32.7	4.3	0.0	0.2	4.2	0.0	0.0	41.8	2.8	0.0	8.1
5	0.0	1.6	4.6	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	2.4	64.5	0.0
6	0.4	0.0	0.0	27.4	32.1	1.3	6.3	0.0	0.0	0.0	31.5	0.0
7	0.0	0.0	3.1	2.9	2.3	1.2	9.7	0.6	0.0	0.0	0.0	0.2
8	0.5	4.9	0.3	2.0	5.0	18.1	1.3	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
9	0.1	27.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.7	15.6	5.4	0.3	4.4
10	0.0	3.0	11.6	0.0	2.0	0.0	0.0	49.0	0.0	0.9	0.0	2.4
11	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
12	0.0	0.0	2.8	2.6	0.0	20.1	0.6	0.0	0.0	10.6	0.0	0.0
13	0.0	1.1	0.4	3.0	6.4	0.0	0.9	0.0	0.0	2.4	56.7	0.4
14	0.5	0.0	0.0	17.1	20.0	0.0	1.0	3.8	8.6	0.0	0.7	28.4
15	0.0	8.4	1.6	0.2	0.0	0.0	2.9	20.9	3.5	0.0	0.0	12.1
16	0.5	0.0	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0
17	19.0	0.0	16.9	1.7	3.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.1	0.0
18	0.0	0.8	0.9	0.0	21.4	15.1	1.1	3.9	23.6	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.2	0.0	0.2	1.0	0.0	0.0	1.3	0.0	15.4	0.0
20	4.7	0.0	15.1	0.0	0.0	16.2	0.0	0.0	0.0	0.0	12.0	0.0
21	10.8	0.0	38.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
22	71.7	30.2	13.5	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0
23	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	6.3	15.0	0.0	5.0	0.0	0.0	0.0
24	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0	8.9	5.6	0.8	2.6	0.0	0.3
25	0.0	25.8	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	19.4	0.0	0.0	3.0	10.0
26	0.0	3.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.4	0.0	0.0	0.0	12.2
27	0.8	0.0	45.3	0.0	0.0	0.0	0.0	18.1	0.0	27.0	0.0	1.9
28	0.6	0.2	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.1
29	0.0		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
30	0.0		0.0	0.0	4.9	16.1	0.0	0.0	0.7	0.0	8.1	0.0
31	0.0		0.5		0.4		0.0	0.0		0.2		0.0
SUMA	140.80	144.30	168.00	77.90	112.30	99.70	49.70	128.40	105.30	65.20	217.60	85.00

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.9: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2014, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2014												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	0.0	3.9	8.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	11.9	0.5
2	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.6	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	5.4	29.9	0.0	0.0	0.0	0.0	89.5	0.0	1.8
4	19.0	0.6	8.4	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	4.7	0.0	0.0	5.2
5	2.2	29.5	15.8	4.9	0.0	0.0	0.0	4.7	6.3	0.3	15.8	11.8
6	0.9	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9	13.5	0.0
7	14.4	15.0	0.0	4.6	2.2	0.0	0.7	0.0	0.0	15.4	2.2	0.0
8	12.8	11.8	60.3	1.0	22.1	0.0	5.7	22.4	0.0	1.2	0.0	3.8
9	0.7	0.0	23.6	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.7
10	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	10.9	0.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0
11	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	11.5	1.1	0.6
12	0.0	0.7	18.9	0.0	0.0	0.0	0.0	12.9	1.5	0.0	0.4	7.5
13	12.0	0.0	1.3	0.0	0.0	9.3	0.0	0.2	14.4	1.6	3.3	2.1
14	6.6	9.8	0.0	1.4	2.5	8.8	0.0	0.0	0.0	0.0	46.1	16.0
15	0.0	4.5	0.4	0.0	16.7	13.2	0.0	0.0	5.0	0.0	0.0	26.0
16	0.0	18.7	4.5	0.0	0.0	0.9	0.0	0.0	9.4	17.2	0.0	0.0
17	8.1	0.0	0.4	0.0	32.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	1.6	3.4	9.8	0.0	0.0	29.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	4.3	1.4	0.0	0.0	0.0	32.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.0	2.6	0.0	8.0	7.3	0.0	1.6	0.0	2.1	21.2	0.0	0.0
21	0.0	7.4	34.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.2	4.8	0.0	0.0
22	0.0	0.0	3.0	37.6	0.8	0.0	0.0	0.0	8.3	0.0	0.0	6.2
23	27.6	1.2	5.6	0.0	6.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.5	0.0	0.4
24	0.5	5.5	10.3	5.8	14.8	1.1	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5
25	0.6	0.0	7.5	8.1	3.4	1.7	0.0	0.0	0.0	26.4	0.0	0.0
26	33.4	0.0	52.0	3.9	0.0	0.0	6.7	0.4	0.0	0.0	0.0	2.0
27	0.0	5.3	22.4	0.0	0.0	0.0	2.3	0.0	2.4	0.0	0.0	0.0
28	0.0	8.6	0.0	5.5	4.5	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	3.3	0.4
29	0.0		8.0	22.7	0.0	3.4	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0
30	4.4		0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	1.8	0.0	3.1	0.0	0.0
31	11.5		11.4		0.0		0.0	0.0		0.6		0.0
SUMA	154.70	134.20	296.60	128.90	145.10	50.40	81.10	51.80	82.70	196.80	102.20	85.50

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.10: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2015, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

AÑO: 2015												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	40.9	0.5	19.5	10.9	0.0	0.2	0.0	0.8	3.8	0.2	35.1
2	0.6	15.4	10.5	3.5	0.0	11.5	0.0	0.0	0.0	15.7	0.0	0.0
3	1.1	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	32.9	0.0	0.0
4	8.5	10.5	0.0	0.0	34.4	40.2	0.0	0.0	0.0	3.5	0.0	0.0
5	0.9	2.7	4.3	11.8	0.0	0.6	3.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	0.0	15.9	43.7	0.0	2.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.6	0.0
7	0.0	38.9	16.4	5.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0
8	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.7	18.4	60.3
9	1.6	0.0	3.6	7.3	15.7	0.0	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	16.1
10	2.7	0.1	5.3	18.2	11.4	4.4	1.1	0.0	0.0	0.0	2.1	1.4
11	0.8	20.5	11.6	3.5	2.2	1.9	4.3	34.6	0.0	16.8	6.2	0.3
12	0.0	4.4	0.0	15.7	4.9	1.3	1.0	0.6	0.0	0.0	0.5	0.0
13	0.0	5.7	0.0	0.0	7.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0
14	0.0	0.6	1.8	0.0	3.7	0.0	0.0	1.2	0.0	10.2	1.6	0.0
15	0.0	0.6	0.5	0.0	0.5	0.3	3.0	11.2	0.0	17.1	1.1	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	22.1	1.6	0.0	0.0	0.0	4.9	3.7	6.7
17	0.0	0.0	0.0	4.4	5.7	0.0	2.8	0.4	0.0	0.2	0.5	9.5
18	0.0	6.9	13.1	0.5	0.0	0.0	9.8	0.0	0.0	9.2	0.0	3.5
19	0.0	0.0	16.4	0.0	0.0	3.2	0.0	0.1	7.8	0.0	0.0	7.5
20	2.6	8.5	0.0	26.4	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	0.0	0.0	11.4
21	28.4	24.7	3.1	22.3	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0
22	8.8	0.1	3.3	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	2.1	0.0	0.0	7.7
23	19.4	0.0	3.2	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	9.5
24	8.7	15.9	0.3	2.3	0.0	5.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2
25	0.0	3.2	0.0	34.5	10.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.9	0.0	0.1
26	0.0	0.0	0.0	11.8	4.0	0.0	0.3	0.0	13.7	0.4	0.0	24.2
27	7.8	0.0	1.6	0.6	0.5	0.0	0.0	0.3	2.2	0.4	0.0	0.2
28	6.9	0.0	1.7	12.7	0.0	0.0	0.0	6.7	0.0	0.0	0.0	0.9
29	8.5		3.0	26.7	0.1	0.0	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
30	22.6		0.5	0.0	3.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	64.2	32.4
31	11.7		0.0		8.0		0.0	6.7		0.0		0.6
SUMA	141.60	204.80	116.60	271.30	145.70	72.20	43.90	71.50	26.60	116.80	144.20	227.60

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

CUADRO N° 3.11: PRECIPITACIÓN DIARIA (mm) EN EL AÑO 2016, EN LA ESTACIÓN COTARAPOTO

AÑO: 2016												
DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1	0.0	40.1	0.0	4.8	0.0	0.7	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0
2	0.0	7.8	1.2	1.8	0.0	2.9	0.0	0.0	2.9	0.0	27.0	0.0
3	0.0	0.0	4.2	1.4	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	0.6	16.0	0.0
4	0.0	0.0	2.6	0.8	0.0	8.9	0.0	0.0	8.9	5.0	0.3	0.0
5	5.2	0.1	0.0	15.0	0.0	0.0	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	0.0	18.6	3.5	0.0	0.0	0.0	7.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	7.2	1.9	0.0	0.0	0.0	19.4	0.0	0.0	0.4	0.0	15.4
8	0.0	12.1	0.0	0.0	3.7	0.0	9.9	0.0	0.0	8.9	2.0	2.8
9	0.0	19.7	0.0	6.5	0.6	0.3	1.0	0.0	0.3	0.2	0.0	0.0
10	0.0	18.8	3.2	0.0	4.5	0.0	2.3	5.6	0.0	50.0	4.6	1.5
11	0.0	11.0	14.7	3.0	0.0	0.0	0.0	2.1	0.0	1.5	0.0	0.0
12	0.0	4.8	8.5	1.0	22.2	0.0	0.0	0.0	0.0	6.6	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.9	0.0	14.6	0.0	0.0	0.0	0.0	4.8	0.0	0.0
14	0.0	0.0	2.3	0.0	32.2	3.2	0.4	0.0	3.2	0.0	0.0	7.7
15	0.0	0.7	10.9	9.6	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	33.5
16	0.0	2.8	1.8	18.6	0.2	0.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0
17	0.0	0.0	11.7	1.6	6.7	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	3.3	12.9	0.6	27.3	0.0	5.9	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	4.7	0.0	12.4	2.1	1.4	7.2	0.0	0.0	7.2	0.0	0.0	0.0
20	0.4	4.6	16.0	2.2	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
21	0.2	0.0	0.0	1.4	1.5	0.0	0.0	10.3	0.0	0.0	0.0	0.0
22	0.0	0.1	0.0	4.9	10.3	5.5	0.2	0.4	5.5	0.0	0.0	33.3
23	0.0	1.1	0.0	0.0	31.4	12.4	0.0	0.0	12.4	0.0	0.0	0.0
24	0.0	9.2	0.5	0.0	21.2	7.0	0.0	0.0	7.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	2.2	35.9	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	2.8	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	29.4	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0
27	36.0	3.8	2.8	3.5	0.0	6.1	0.0	0.0	6.1	0.0	1.2	0.1
28	0.0	29.7	0.0	0.0	0.0	19.0	0.6	0.0	19.0	0.0	16.2	7.1
29	0.0	0.0	9.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0
30	1.1		5.6	0.0	0.2	0.0	1.1	2.3	0.0	0.0	0.8	0.0
31	14.8		0.4		1.5		0.0	0.0		0.0		4.6
SUMA	62.40	197.70	192.50	79.30	182.60	77.80	50.70	23.70	77.80	78.20	68.70	106.00

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI)

3.3.5.2. Recopilación de información arquitectónica

Se gestionó toda la información arquitectónica existente en la Oficina de Infraestructura de la UNSM (Ver planos DG-01 de todas las facultades).

3.3.5.3. Identificación de la demanda de agua potable de la ciudad universitaria de la UNSM en los usos en los que el agua de lluvia puede reemplazarlo y reconocimiento de campo

Durante el reconocimiento de campo se realizaron diversas actividades, se identificaron algunos problemas que se pueden determinar por simple inspección, como también las características del terreno y de las edificaciones para prever algunas situaciones fortuitas en último momento. Por otro lado, por medio de entrevistas simples se lograron identificar los usos que daremos al agua de lluvia en este proyecto que son:

- Limpieza de los inodoros y urinario en los diversos SS.HH.
- Riego de plantas.
- Destilación de agua para laboratorios de la FCA.

3.3.5.4. Diseño hidráulico del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales

a) Cálculo del coeficiente de variabilidad de la precipitación pluvial.

Tomando en cuenta que, para el caso de cálculo de coeficiente de variabilidad de datos pluviométricos, varía en un mismo lugar si es que la precipitación es diaria, mensual o anual, como se demuestra con los siguientes cuadros.

Cabe resaltar que estos cálculos se realizaron con las formulas presentadas en el marco teórico. Por otro lado aquí se demuestra que el coeficiente de variabilidad anual es de 11.65% lo cual es muy menor, pero además en el mismo cuadro se determina el coeficiente de variabilidad mensual que en cada mes es variado, pero como son resultados que no se diferencian demasiado el valor promedio de 42.20% es un dato que si lo representa bien, teniendo como base esto se consideró que el coeficiente de variabilidad es moderada y que como el tipo de uso que se dará al agua de lluvia es de prioridad media, se concluyó que la precipitación neta que se calculara en los pasos siguientes, tendrá el valor de P50, es decir el promedio de las precipitaciones, lo que permitirá asegurar que esta precipitación tendrá un alto grado de ocurrencia.

b) Cálculo de la precipitación P50 neta.

Se promediaron los datos de precipitación diaria y luego se multiplico el promedio con el coeficiente de escorrentía de la superficie de captación que por ser de concreto es de 0.80, obteniéndose así el valor de la precipitación P50 neta, este cálculo se muestra en el Anexo N° 03: Cálculo de la precipitación neta.

c) Cálculo de la dotación diaria parcial de agua en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable en la ciudad universitaria.

La dotación diaria parcial de agua en sanitarios se muestra en el cuadro N° 3.14 y se calculó multiplicando la dotación diaria total obtenida de la Norma IS 010 de la RNE por el 30%, ya que según lo explicado en el marco teórico (pág. 38) el consumo de agua en la disposición de desechos (saneamiento, es decir en el uso de inodoros y urinarios) representa aproximadamente el 30% de la dotación diaria total. Excepto para el caso de la alternativa 4 Estadios, aquí el número de usos es menor (para beber, limpieza sanitarios y limpieza de pisos), por tanto, la limpieza de sanitarios representa un poco más, aproximadamente un 90% de la dotación diaria total según la figura N° 2.06.

En las alternativas 2 y 3 la dotación diaria parcial de agua en sanitarios se obtuvo multiplicando la dotación diaria de agua en sanitarios por 0.25, esto ya que para efectos

CUADRO N° 3.12: PRECIPITACIÓN MENSUAL (mm) DEL 2007 AL 2016, EN LA ESTACIÓN CO TARAPOTO

Años	Precipitación Mensual en mm												SUMATORIA
	ENE	FEB	MARZ	ABRI	MAY	JUN	JUL	AGOS	SETIE	OCTU	NOVI	DICIE	
2007	121.50	34.40	278.90	119.30	138.70	21.80	91.50	104.20	106.00	104.90	211.80	50.10	1383.10
2008	96.80	192.80	155.60	100.70	81.60	103.20	19.00	40.50	103.40	83.50	85.50	49.70	1112.30
2009	154.50	158.80	168.50	244.40	117.10	128.50	53.60	95.70	132.50	99.30	108.00	101.40	1562.30
2010	71.70	156.20	112.50	254.70	103.70	64.70	17.90	70.20	43.90	100.80	207.50	116.20	1320.00
2011	84.40	53.30	270.70	135.20	125.10	179.20	93.30	27.10	68.00	90.40	183.20	164.80	1474.70
2012	193.70	125.10	175.30	298.40	125.10	87.10	59.10	14.30	95.50	137.30	59.30	223.30	1593.50
2013	140.80	144.30	168.00	77.90	112.30	99.70	49.70	128.40	105.30	65.20	217.60	85.00	1394.20
2014	154.70	134.20	296.60	128.90	145.10	50.40	81.10	51.80	82.70	196.80	102.20	85.50	1510.00
2015	141.60	204.80	116.60	271.30	145.70	72.20	43.90	71.50	26.60	116.80	144.20	227.60	1582.80
2016	62.40	197.70	192.50	79.30	182.60	77.80	50.70	23.70	77.80	78.20	68.70	106.00	1197.40
PROMEDIO	122.21	140.16	193.52	171.01	127.70	88.46	55.98	62.74	84.17	107.32	138.80	120.96	1413.03

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.13: CÁLCULO DE LA VARIACIÓN ESTANDAR (Sx) Y EL COEFICIENTE DE VARIABILIDAD (Yx)

Años	(X-XP) ²												ANUAL
	ENE	FEB	MARZ	ABRI	MAY	JUN	JUL	AGOS	SETIE	OCTU	NOVI	DICIE	
2007	0.50	11185.18	7289.74	2673.92	121.00	4443.56	1261.67	1718.93	476.55	5.86	5329.00	5021.14	895.80
2008	645.67	2770.97	1437.93	4943.50	2125.21	217.27	1367.52	494.62	369.79	567.39	2840.89	5077.99	90438.53
2009	1042.64	347.45	626.00	5386.09	112.36	1603.20	5.66	1086.36	2335.79	64.32	948.64	382.59	22281.53
2010	2551.26	257.28	6564.24	7004.02	576.00	564.54	1450.09	55.65	1621.67	42.51	4719.69	22.66	8654.58
2011	1429.60	7544.66	5956.75	1282.36	6.76	8233.75	1392.78	1270.21	261.47	286.29	1971.36	1921.95	3803.19
2012	5110.82	226.80	331.97	16228.21	6.76	1.85	9.73	2346.43	128.37	898.80	6320.25	10473.48	32569.42
2013	345.59	17.14	651.27	8669.47	237.16	126.34	39.44	4311.24	446.48	1774.09	6209.44	1293.12	354.57
2014	1055.60	35.52	10625.49	1773.25	302.76	1448.56	631.01	119.68	2.16	8006.67	1339.56	1257.41	9403.18
2015	375.97	4178.33	5916.69	10058.08	324.00	264.39	145.93	76.74	3314.30	89.87	29.16	11372.09	28821.85
2016	3577.24	3310.85	1.04	8410.72	3014.01	113.64	27.88	1524.12	40.58	847.97	4914.01	223.80	46496.30
SUMA	16134.89	29874.18	39401.12	66429.63	6826.02	17017.08	6331.72	13003.98	8997.16	12583.78	34622.00	37046.22	243718.96
Sx (Ecu. 2.2)	42.34	57.61	66.17	85.91	27.54	43.48	26.52	38.01	31.62	37.39	62.02	64.16	164.56
Y(x) (Ecu. 2.3)	34.65	41.11	34.19	50.24	21.57	49.16	47.38	60.59	37.56	34.84	44.69	53.04	11.65
Y(x) PROM.	42.42												11.65

FUENTE: Elaboración Propia.

prácticos se asumió que un alumno se encuentra aproximadamente 6 horas diarias en la ciudad universitaria lo que representa un 25% de las 24 horas que tiene un día.

En el caso de locales educacionales se hizo una comparación entre la dotación diaria parcial de agua en sanitarios obtenidas con las normas IS 010, Norma OS 100 y la dotación de agua suministrada por EMAPA San Martín, para tener un valor más aproximado a la realidad en los locales educacionales y ya que los valores obtenidos son 15.00, 18.75 y 12.08 respectivamente se optó por 15.00 Lt/pers/día ya que es un valor intermedio.

Por otro lado, en el caso de la Facultad de Ciencias Agrarias el riego de los viveros y la destilación de agua, también son usos que el agua de lluvia puede satisfacer. Por ello tras consultar con los profesionales responsables de los viveros se elaboró el cuadro N° 3.15: Cálculo de la dotación diaria de agua en riego de viveros.

Por otro lado, tras consultar con el responsable del laboratorio de Cultivos vegetales se concluyó que la demanda diaria en destilación de agua es de 250.00 Lt/día en promedio.

CUADRO N° 3.14: CÁLCULO DE LA DOTACIÓN DIARIA PARCIAL DE AGUA EN SANITARIOS

ALTER.	NORMA	USO	DOTACIÓN DIARIA TOTAL	DOTACIÓN DIARIA SANITARIOS (30% DDT)	DOTACION DIARIA PARCIAL SANITARIOS
1	R.N.E. - NORMAIS 010 (Art. 2.2 Dotaciones -f)	Locales educacionales	50.00 Lt/pers/día	15.00 Lt/pers/día	15.00 Lt/pers/día
2	R.N.E. - NORMA OS-100 (Art. 1.4 Dotación de agua)	Viviendas	250.00 Lt/pers/día	75.00 Lt/pers/día	18.75 Lt/pers/día
3	Dotación de agua suministrada por EMAPA San Martín	Viviendas	161.00 Lt/pers/día	48.30 Lt/pers/día	12.08 Lt/pers/día
4	R.N.E. - NORMAIS 010 (Art. 2.2 Dotaciones -g)	Estadios	1.00 Lt/pers/día	0.90 Lt/pers/día	0.90 Lt/pers/día
5	R.N.E. - NORMAIS 010 (Art. 2.2 Dotaciones -g)	Auditorios	3.00 Lt/asiento/día	0.90 Lt/pers/día	0.90 Lt/pers/día
6	R.N.E. - NORMAIS 010 (Art. 2.2 Dotaciones -i)	Oficinas	6.00 Lt/m ² /día	1.80 Lt/m ² /día	1.80 Lt/m ² /día
7	R.N.E. - NORMAIS 010 (Art. 2.2 Dotaciones -d)	Comedor	40.00 Lt/m ² /día	12.00 Lt/m ² /día	12.00 Lt/m ² /día

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.15: CÁLCULO DE LA DOTACIÓN DIARIA DE AGUA EN RIEGO DE VIVEROS

VIVERO 1: ORQUIDIARIO			VIVERO 2: VIVERO DE MULTIPLICACIÓN DE PLANTULAS CON HONGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES NATIVOS		
TIEMPO DE RIEGO:	1.50	Horas	TIEMPO DE RIEGO:	1.50	Horas
CAUDAL:	876.00	Lt/hora	CAUDAL:	1371.43	Lt/hora
DOTACION DIARIA:	1314.00	Lt/dia	DOTACION DIARIA:	2057.14	Lt/dia
ÁREA	312.00	m2	ÁREA	330.00	m2
DOTACION DIARIA POR PROMEDIO	4.21 Lt/m2/día		DOTACION DIARIA POR M2	6.23 Lt/m2/día	
PROMEDIO	5.22 Lt/m2/día				

FUENTE: Elaboración Propia.

d) Cálculo de la demanda diaria de agua en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable en la ciudad universitaria para los diversos sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia.

d.1.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en la Facultad de Ciencias Agrarias.

Para el cálculo de esta demanda debemos precisar que, en cuanto al número de alumnos y profesores de la FCA, los mismos que son los beneficiarios de este sistema, de acuerdo a la información brindada en la Facultad de Ciencias Agrarias en el semestre académico 2016-II, se han matriculado un total de 245 alumnos en la Escuela Profesional de Agronomía y 167 alumnos en la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria por otro lado cuenta con 11 trabajadores administrativos y 45 profesores. Sin embargo, para efectos del presente cálculo, debe tomarse en cuenta el número de personas que efectivamente permanecen en la FCA, pues el desarrollo de las actividades académicas se organiza en dos turnos, lo cual genera una rotación en ambos grupos, lo cual genera, por ejemplo, que un determinado alumno permanezca en horas de la mañana, pero ya no el turno de la tarde, lo mismo sucede con el personal docente. Por esta razón en el presente trabajo, determinamos el número de beneficiarios de acuerdo a la capacidad del local, en el caso de la FCA 6 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, nos entrega un total de 210 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto al personal docente, a razón de un docente por aula y además un promedio de 36 docentes circulando en la facultad, nos entrega un total de 40 docentes, por otro lado, con el personal administrativo no se presenta esta rotación. En resumen, los beneficiarios de este sistema son:

- N° ALUMNOS: 210.00
- N° PROFESORES: 40.00
- N° ADMINISTRATIVOS: 11.00

Con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema, y lo podemos observar en el cuadro N° 3.16, el mismo que tiene como resultado principal que la demanda diaria es de $8.51 \text{ m}^3/\text{día}$ y del cuadro N° 3.17 se obtiene la demanda acumulada en un año, el cual es de 3114.66 m^3 . Por otro lado, en el esquema N° 3.01 se muestra la como varia la demanda mensual pero debido al número de días de cada mes, mas no debido a la variación de la demanda puesto que se consideró que la demanda de $8.51 \text{ m}^3/\text{día}$ a lo largo de todo el año es constante.

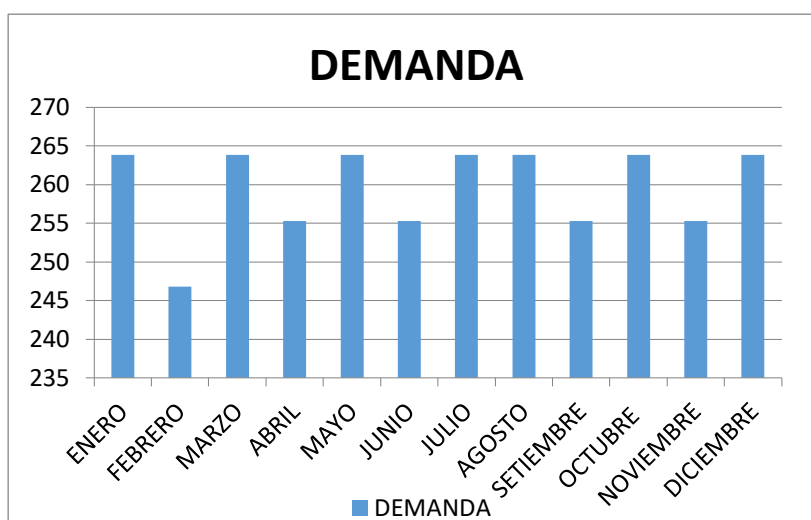
CUADRO N° 3.16: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FCA

ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DOTACIÓN DIARIA EN RIEGO DE VIVEROS	DOTACIÓN DIARIA EN DESTILACIÓN DE AGUA	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Estudiantes	210.00	15.00 Lt/pers/día	-	-	3150.00
2	Docentes y administrativos	51.00	15.00 Lt/pers/día	-	-	765.00
3	Vivero 1 (13X24)	1.00	-	5.22 Lt/m2/día	-	1628.64
4	Vivero 2 (15X22)	1.00	-	5.22 Lt/m2/día	-	1722.60
5	Vivero 3 (10X19)	1.00	-	5.22 Lt/m2/día	-	991.80
6	Laboratorio (Destilación de agua)	1.00	-	-	250.00 Lt/día	250.00
TOTAL						8508.04
						8.51 m3/día

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.17: DEMANDA MENSUAL EN LA FCA (m³)

MES	DEMANDA
ENERO	263.81
FEBRERO	246.79
MARZO	263.81
ABRIL	255.3
MAYO	263.81
JUNIO	255.3
JULIO	263.81
AGOSTO	263.81
SETIEMBRE	255.3
OCTUBRE	263.81
NOVIEMBRE	255.3
DICIEMBRE	263.81
TOTAL	3114.66



ESQUEMA N° 3.01: DEMANDA MENSUAL EN LA FCA (m³)

FUENTE: Elaboración Propia.

FUENTE: Elaboración Propia.

d.2.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en la Facultad de Ingeniería Agroindustrial.

Con el mismo criterio explicado en el ítem d.1. se procede a determinar el número de beneficiarios, 6 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, nos entrega un total de 210 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto al personal docente, a razón de un docente por aula y además un promedio de 30 docentes circulando en la facultad, nos entrega un total de 36 docentes, por otro lado, con el personal administrativo no se presenta esta rotación. En resumen, los beneficiarios de este sistema son:

- N° ALUMNOS: 210.00
- N° PROFESORES: 36.00
- N° ADMINISTRATIVOS: 8.00

Con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

CUADRO N° 3.18: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FIAI

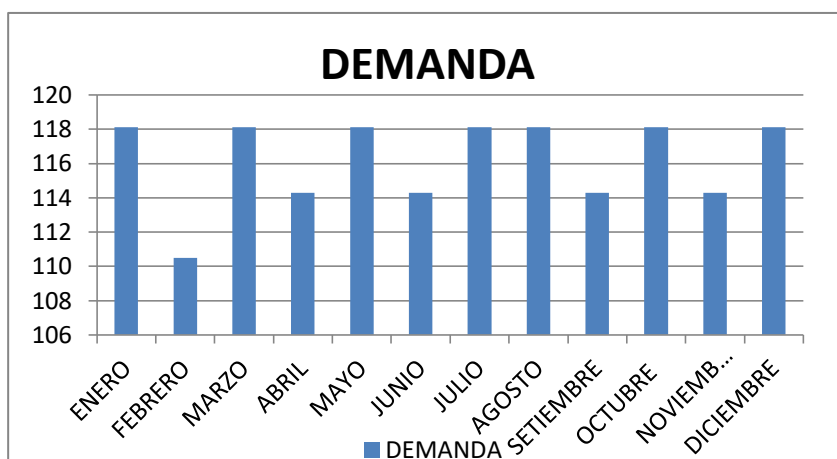
ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Estudiantes	210.00	15.00 Lt/pers/día	3150.00
2	Docentes y administrativos	44.00	15.00 Lt/pers/día	660.00
TOTAL				3810.00
				3.81 m ³ /día

FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de 3.81 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 1394.46 m.

CUADRO N° 3.19: DEMANDA MENSUAL EN LA FIAI (m³)

MES	DEMANDA
ENERO	118.11
FEBRERO	110.49
MARZO	118.11
ABRIL	114.3
MAYO	118.11
JUNIO	114.3
JULIO	118.11
AGOSTO	118.11
SEPTIEMBRE	114.3
OCTUBRE	118.11
NOVIEMBRE	114.3
DICIEMBRE	118.11
TOTAL	1394.46



ESQUEMA N° 3.02: DEMANDA MENSUAL EN LA FIAI (m³)

FUENTE: Elaboración Propia. FUENTE: Elaboración Propia.

d.3.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en el Complejo Deportivo – Ciudad Universitaria.

→ EN EL RIEGO DE GRAS NATURAL

Para el cálculo de la demanda de agua en el riego de gras natural se utilizó el método de Blaney – Criddle, teniendo en cuenta que el área a regar es de 6119.95 m² y se encuentra ubicada a una latitud sur de 6°31'. Este método hace intervenir la temperatura media mensual y el porcentaje de horas luz por mes con respecto al total anual, los mismos que se muestran en los cuadros N° 3.20 y N° 3.21 respectivamente. Y en los cuadros N° 3.22 y N° 3.23 se calcula el uso consuntivo del gras natural, asumiendo que su coeficiente de cultivo es de Kc=1 (ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO, s.f.) y la demanda diaria de agua respectivamente.

CUADRO N° 3.20: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN TARAPOTO

MES	Tº MÁXIMA	Tº MINIMA	Tº MEDIA MENSUAL (T)
ENE	33.00	20.00	26.50
FEB	32.70	20.20	26.45
MAR	32.20	20.30	26.25
ABR	32.10	20.00	26.05
MAY	31.80	19.50	25.65
JUN	31.60	18.70	25.15
JUL	31.70	18.00	24.85
AGO	32.50	18.30	25.40
SETI	32.60	18.90	25.75
OCT	32.90	19.70	26.30
NOV	33.00	19.90	26.45
DICI	33.30	20.20	26.45

FUENTE: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología, 2017

CUADRO N° 3.21: PORCENTAJE DE HORAS LUZ DIARIAS.

LATITUD SUR	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
0°	8.68	7.66	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50	8.49	8.21	8.50	8.22	8.50
5°	8.68	7.76	8.51	8.15	8.34	8.05	8.33	8.38	8.19	8.56	8.37	80.68
10°	8.86	7.87	8.53	8.09	8.18	7.86	8.14	8.27	8.17	8.62	8.53	8.88
15°	9.05	7.98	8.55	8.02	8.02	7.65	7.95	8.15	8.15	8.68	8.70	9.10
20°	9.24	8.09	8.57	7.94	7.85	7.43	7.76	8.03	8.13	8.76	8.87	9.33
25°	9.46	8.21	8.60	7.84	7.66	7.20	7.54	7.90	8.11	8.86	9.04	9.58
30°	9.70	8.33	8.62	7.73	7.45	6.96	7.31	7.76	8.07	9.97	9.24	9.85
32°	9.81	8.39	8.63	7.68	7.36	6.85	7.21	7.70	8.06	9.01	9.33	9.96

FUENTE: Wendor Chereque Moran, "Hidrología: Para estudiantes de Ingeniería civil", 1989.

CUADRO N° 3.22: CÁLCULO DEL USO CONSUNTIVO PARA EL RIEGO DE GRAS NATURAL

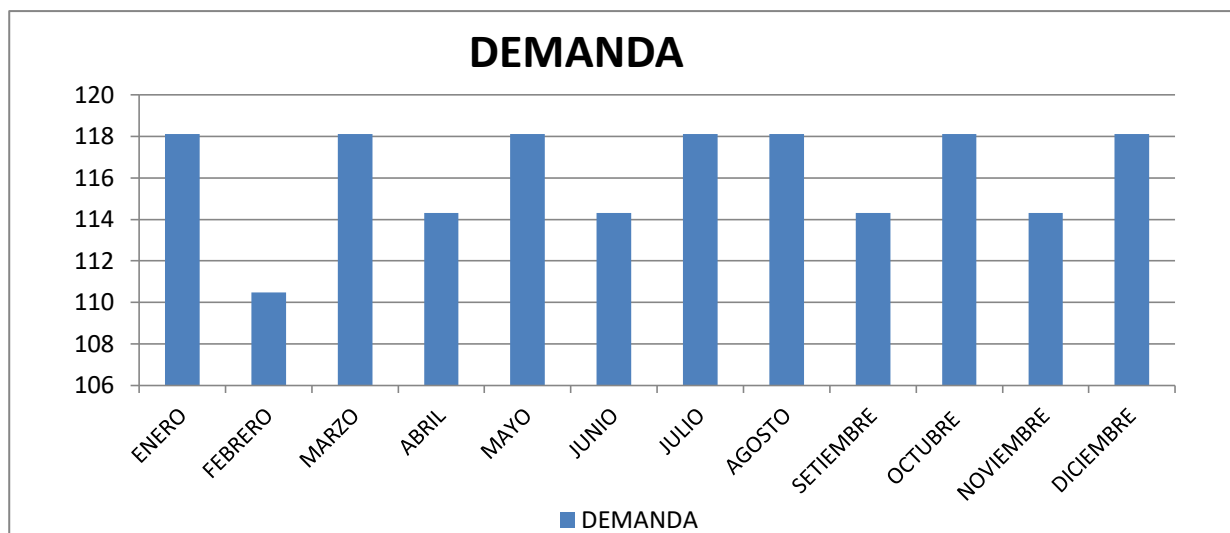
MES	INSOLACION RESPLANDOR SOLAR(P)	Tº MEDIA MENSUAL (T)	Kt=1	U.C. Potencial F=Te*P (cm)	Coeficiente de Cultivo (Kc)	U.C. Cultivo F*Kc*10 (mm)
			$T_e = \frac{K_t * (T + 17.8)}{21.8}$			
ENE	8.73	26.50	2.03	17.74	1.00	177.40
FEB	7.79	26.45	2.03	15.81	1.00	158.12
MAR	8.52	26.25	2.02	17.22	1.00	172.16
ABR	8.13	26.05	2.01	16.35	1.00	163.53
MAY	8.29	25.65	1.99	16.52	1.00	165.23
JUN	7.99	25.15	1.97	15.74	1.00	157.42
JUL	8.27	24.85	1.96	16.18	1.00	161.80
AGO	8.35	25.40	1.98	16.55	1.00	165.47
SETI	8.18	25.75	2.00	16.34	1.00	163.41
OCT	8.58	26.30	2.02	17.36	1.00	173.57
NOV	8.42	26.45	2.03	17.09	1.00	170.91
DICI	8.74	26.45	2.03	17.74	1.00	177.41

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.23: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN EL RIEGO DE GRAS NATURAL EN EL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA

MES	PRECIPITACIÓN MENSUAL PROMEDIO	PRECIPITACION EFECTIVA(mm) (Pe)	LAMINA NETA REPOSICION DE (Uc-Pe)(mm)	EFICIENCIA DE APLICACIÓN (Ea)	DOTACION RIEGO (Ln*10/Ea) (m3/Ha)	ÁREA (Ha)	DEMANDA MENSUAL (Dr*A)(m3)	DEMANDA DIARIA (m3)
ENE	122.21	72.768	104.64	0.7	1494.79	0.61	914.80	29.51
FEB	140.16	87.128	70.99	0.7	1014.21	0.61	620.69	21.40
MAR	193.52	129.816	42.34	0.7	604.90	0.61	370.19	11.94
ABR	171.01	111.808	51.72	0.7	738.92	0.61	452.21	15.07
MAY	127.70	77.16	88.07	0.7	1258.14	0.61	769.97	24.84
JUN	88.46	45.768	111.65	0.7	1595.00	0.61	976.13	32.54
JUL	55.98	23.588	138.21	0.7	1974.40	0.61	1208.32	38.98
AGO	62.74	27.644	137.82	0.7	1968.91	0.61	1204.96	38.87
SETI	84.17	42.336	121.08	0.7	1729.66	0.61	1058.54	35.28
OCT	107.32	60.856	112.71	0.7	1610.17	0.61	985.42	31.79
NOV	138.80	86.04	84.87	0.7	1212.44	0.61	742.01	24.73
DICI	120.96	71.768	105.64	0.7	1509.11	0.61	923.57	29.79
TOTAL							10226.83	

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.03: DEMANDA MENSUAL PARA EL RIEGO DE GRAS NATURAL EN EL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA (m³)

FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria máxima es de 38.98 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 10226.83 m³.

→ EN LA LIMPIEZA DE SANITARIOS.

En este caso se utilizó la dotación de la alternativa 4 estadios según el cuadro N° 3.16. En resumen, los beneficiarios de este sistema son 670 espectadores. Luego con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

La demanda diaria máxima es de 0.60 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 216.9 m³ como se muestra en el Cuadro N° 3.24.

CUADRO N° 3.24: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LOS SERVICIOS HIGIENICOS DEL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA.

ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Espectadores	670.00	0.90 Lt/pers/día	603.00
TOTAL				603.00
				0.60 m ³ /día

FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria máxima es de 0.60 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 216.9 m³ como se muestra en el Cuadro N° 3.24.

d.4.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en la Facultad de Ciencias Económicas.

Con el mismo criterio explicado en el ítem d.1. se procede a determinar el número de beneficiarios, 14 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, nos entrega un total de 490 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto al personal docente, a razón de un docente por aula y además un promedio de 26 docentes circulando en la facultad, nos entrega un total de 40 docentes, por otro lado, con el personal administrativo no se presenta esta rotación. Los beneficiarios son:

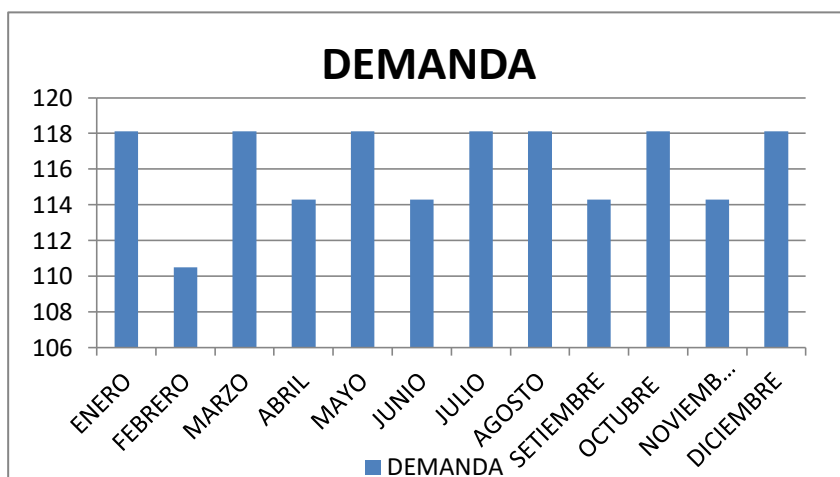
CUADRO N° 3.25: DEMANDA MENSUAL EN LOS SS.HH. DEL COMPLEJO DEPOR. (m³)

MES	DEMANDA
ENERO	18.6
FEBRERO	17.4
MARZO	18.6
ABRIL	18
MAYO	18.6
JUNIO	18
JULIO	18.6
AGOSTO	18.6
SEPTIEMBRE	18
OCTUBRE	18.6
NOVIEMBRE	18
DICIEMBRE	18.6
TOTAL	219.60

FUENTE: Elaboración Propia.

- N° ALUMNOS: 490.00
- N° PROFESORES: 40.00
- N° ADMINISTRATIVOS: 6.00

Con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.



ESQUEMA N° 3.04: DEMANDA MENSUAL EN LOS SS.HH. DEL COMPLEJO DEPOR. (m³)

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.26: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FCE

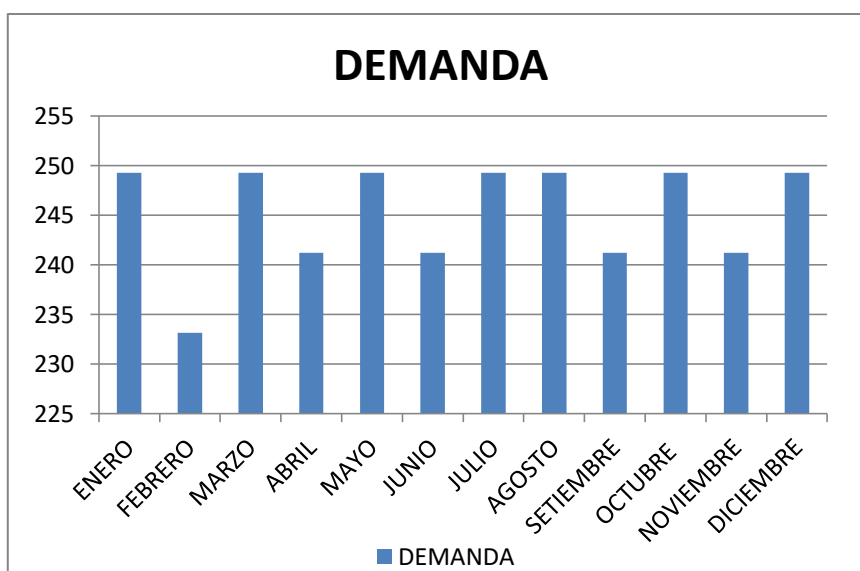
ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Estudiantes	490.00	15.00 Lt/pers/día	7350.00
2	Docentes y administrativos	46.00	15.00 Lt/pers/día	690.00
TOTAL				8040.00
				8.04 m ³ /día

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.27:
DEMANDA MENSUAL EN
LA FCE. (m³)

MES	DEMANDA
ENERO	249.24
FEBRERO	233.16
MARZO	249.24
ABRIL	241.2
MAYO	249.24
JUNIO	241.2
JULIO	249.24
AGOSTO	249.24
SEPTIEMBRE	241.2
OCTUBRE	249.24
NOVIEMBRE	241.2
DICIEMBRE	249.24
TOTAL	2942.64

FUENTE: Elaboración Propia.

ESQUEMA N° 3.05: DEMANDA MENSUAL EN LA FCE. (m³)

FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de 8.04 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 2942.64 m³.

d.5.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en los Laboratorios de Procesos Tecnológicos agroindustriales de la FIAI.

En este caso para el personal trabajador no se presenta esta rotación. En resumen, los beneficiarios de este sistema son 25 trabajadores. Luego con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

CUADRO N° 3.28: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LOS
LABORATORIOS DE PROCESOS TECNOLÓGICOS AGROINDUSTRIALES DE
LA FIAI

ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Trabajadores	25.00	15.00 Lt/pers/día	375.00
TOTAL				375.00
				0.38 m ³ /día

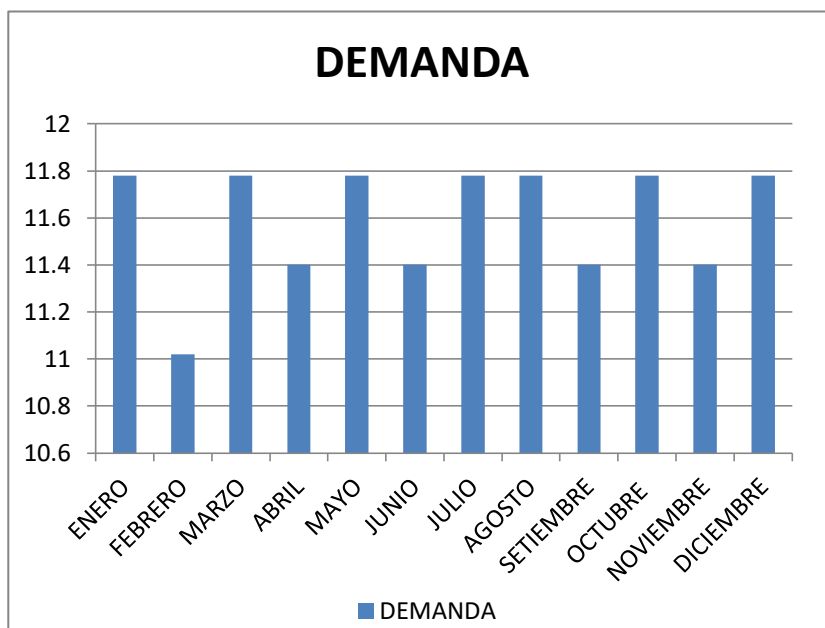
FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de $0.38 \text{ m}^3/\text{día}$ y la demanda acumulada en un año es de 139.08 m^3 como se muestra en el Cuadro N° 3.29.

CUADRO N° 3.29: DEMANDA MENSUAL EN LOS LAB. DE PROCESOS TECNOLÓGICOS AGROINDUSTRIALES DE LA FIAI (m^3).

MES	DEMANDA
ENERO	11.78
FEBRERO	11.02
MARZO	11.78
ABRIL	11.4
MAYO	11.78
JUNIO	11.4
JULIO	11.78
AGOSTO	11.78
SEPTIEMBRE	11.4
OCTUBRE	11.78
NOVIEMBRE	11.4
DICIEMBRE	11.78
TOTAL	139.08

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.06: DEMANDA MENSUAL EN LOS LAB. DE PROCESOS TECNOLÓGICOS AGROINDUSTRIALES DE LA FIAI (m^3).

FUENTE: Elaboración Propia.

d.6.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en el Comedor Universitario.

En este caso la demanda se tiene que calcular por medio del área, que en total es de 469.15 m^2 . Luego con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

La demanda diaria es de $5.63 \text{ m}^3/\text{día}$ y la demanda acumulada en un año es de 2060.58 m^3 como se muestra en el Cuadro N° 3.31.

d.7.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Con el mismo criterio explicado en el ítem d.1. se procede a determinar el número de beneficiarios, 10 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, nos entrega un total de 350 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto al personal docente, a razón de un docente por aula y además un promedio de 30 docentes circulando en la facultad, nos entrega un total de 40 docentes, por otro lado, con el personal administrativo no se presenta esta rotación. En resumen, los beneficiarios de este sistema son:

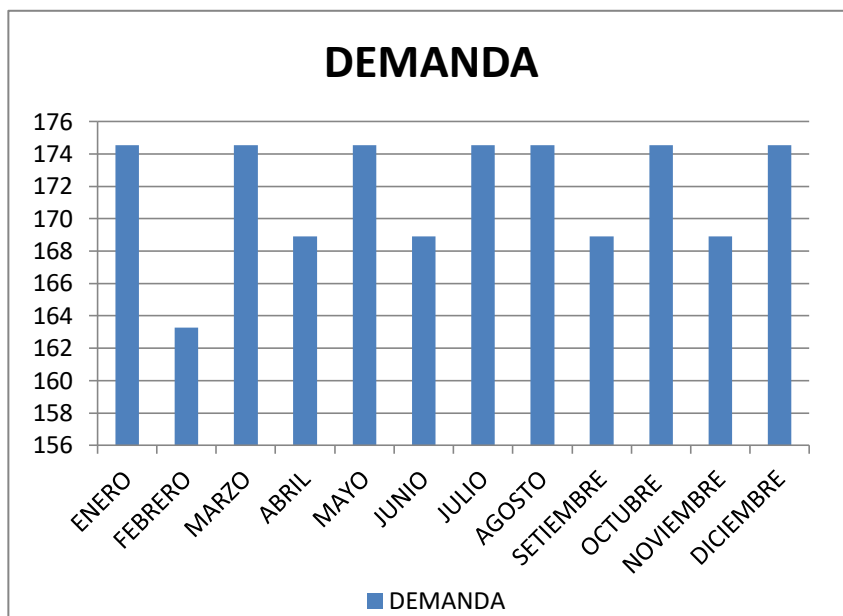
CUADRO N° 3.30: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO

ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Para comedor	469.15	12.00 Lt/m ² /día	5629.80
TOTAL				5629.80
				5.63 m ³ /día

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.31: DEMANDA MENSUAL EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO (m³).

MES	DEMANDA
ENERO	174.53
FEBRERO	163.27
MARZO	174.53
ABRIL	168.9
MAYO	174.53
JUNIO	168.9
JULIO	174.53
AGOSTO	174.53
SEPTIEMBRE	168.9
OCTUBRE	174.53
NOVIEMBRE	168.9
DICIEMBRE	174.53
TOTAL	2060.58



ESQUEMA N° 3.07: DEMANDA MENSUAL EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

FUENTE: Elaboración Propia.

- N° ALUMNOS: 350.00
- N° PROFESORES: 40.00
- N° ADMINISTRATIVOS: 10.00
- N° DE ASIENTOS EN AUDITORIO: 230.00

Con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

CUADRO N° 3.32: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FICA

ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Estudiantes	350.00	15.00 Lt/pers/día	5250.00
2	Docentes y administrativos	50.00	15.00 Lt/pers/día	750.00
3	Auditorio	230.00	0.90 Lt/pers/día	207.00
TOTAL				6207.00
				6.21 m ³ /día

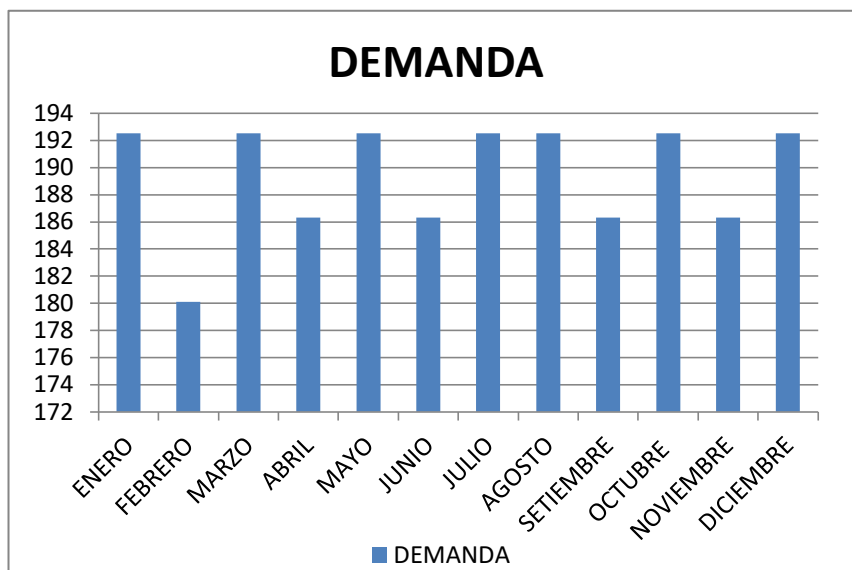
FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de 6.21 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 2272.86 m³ como se muestra en el Cuadro N° 3.33.

CUADRO N° 3.33: DEMANDA MENSUAL EN LA FICA (m³).

MES	DEMANDA
ENERO	192.51
FEBRERO	180.09
MARZO	192.51
ABRIL	186.3
MAYO	192.51
JUNIO	186.3
JULIO	192.51
AGOSTO	192.51
SETIEMBRE	186.3
OCTUBRE	192.51
NOVIEMBRE	186.3
DICIEMBRE	192.51
TOTAL	2272.86

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.08: DEMANDA MENSUAL EN FICA (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

d.8.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en la Facultad de Derecho.

Con el mismo criterio explicado en el ítem d.1. se procede a determinar el número de beneficiarios, 16 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, nos entrega un total de 560 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto al personal docente, a razón de un docente por aula y además un promedio de 19 docentes circulando en la facultad, nos entrega un total de 35 docentes, por otro lado, con el personal administrativo no se presenta esta rotación. En resumen, los beneficiarios de este sistema son:

- N° ALUMNOS : 560.00
- N° PROFESORES : 35.00
- N° ADMINISTRATIVOS : 8.00
- N° DE ASIENTOS EN AUDITORIO: 100.00

CUADRO N° 3.34: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FACULTAD DE DERECHO

ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Estudiantes	560.00	15.00 Lt/pers/día	8400.00
2	Docentes y administrativos	43.00	15.00 Lt/pers/día	645.00
3	Auditorio	100.00	0.90 Lt/pers/día	90.00
TOTAL				9135.00
				9.14 m3/día

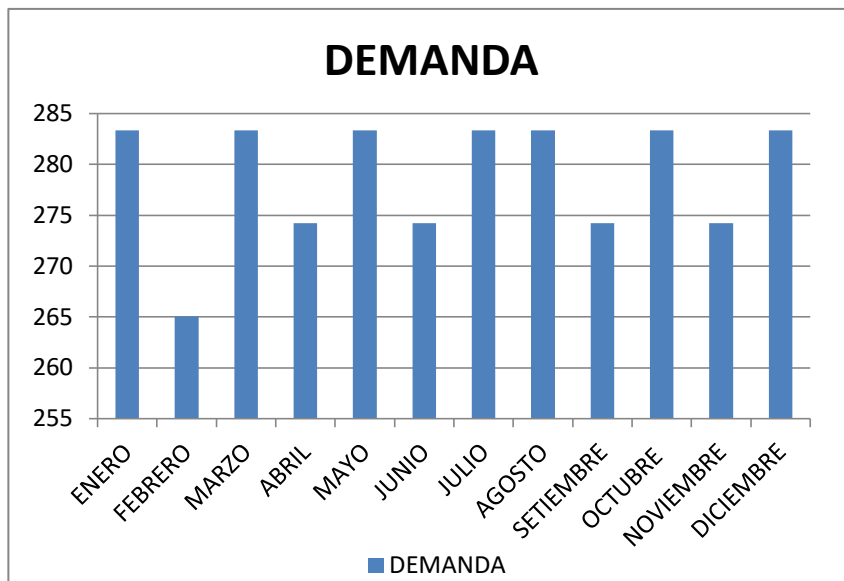
FUENTE: Elaboración Propia.

Con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

CUADRO N° 3.35: DEMANDA MENSUAL EN LA FD (m³).

MES	DEMANDA
ENERO	283.34
FEBRERO	265.06
MARZO	283.34
ABRIL	274.2
MAYO	283.34
JUNIO	274.2
JULIO	283.34
AGOSTO	283.34
SETIEMBRE	274.2
OCTUBRE	283.34
NOVIEMBRE	274.2
DICIEMBRE	283.34
TOTAL	3345.24

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.09: DEMANDA MENSUAL EN FD (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de 9.14 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 3345.24 m³ como se muestra en el Cuadro N° 3.35.

d.9.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en Video Conferencias.

En resumen, los beneficiarios de este sistema son:

- N° ASIENTOS EN EL AUDITORIO: 150.00
- N° ASIENTOS EN EL ANFITEATRO 100.00

Luego con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

CUADRO N° 3.36: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN VIDEO CONFERENCIAS

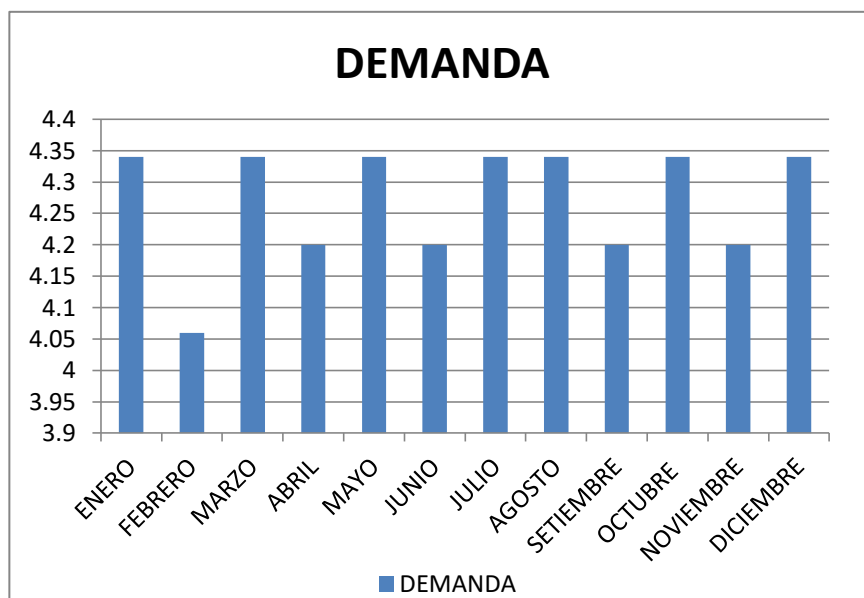
ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Auditorio	150.00	0.90 Lt/pers/día	135.00
2	Anfiteatro	100.00	0.90 Lt/pers/día	90.00
TOTAL				135.00
				0.14 m ³ /día

FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de 0.14 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 51.24 m³ como se muestra en el Cuadro N° 3.37.

CUADRO N° 3.37:
DEMANDA
MENSUAL EN VIDEO
CONFER. (m³).

MES	DEMANDA
ENERO	4.34
FEBRERO	4.06
MARZO	4.34
ABRIL	4.2
MAYO	4.34
JUNIO	4.2
JULIO	4.34
AGOSTO	4.34
SEPTIEMBRE	4.2
OCTUBRE	4.34
NOVIEMBRE	4.2
DICIEMBRE	4.34
TOTAL	51.24



ESQUEMA N° 3.10: DEMANDA MENSUAL EN VIDEO CONFER. m³).
FUENTE: Elaboración Propia. FUENTE: Elaboración Propia.

d.10.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en los Laboratorio de Formación General y Facultad de Educación y Humanidades.

Con el mismo criterio explicado en el ítem d.1. se procede a determinar el número de beneficiarios, 10 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, nos entrega un total de 350 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto al personal docente, a razón de un docente por aula y además un promedio de 25 docentes circulando en la facultad, nos entrega un total de 35 docentes, por otro lado, con el personal administrativo no se presenta esta rotación. En resumen, los beneficiarios de este sistema son:

- N° ALUMNOS: 350.00
- N° PROFESORES: 35.00
- N° ADMINISTRATIVOS: 14.00

Con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

CUADRO N° 3.38: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LOS LABORATORIO DE FORMACIÓN GENERAL Y FACULTAD DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES

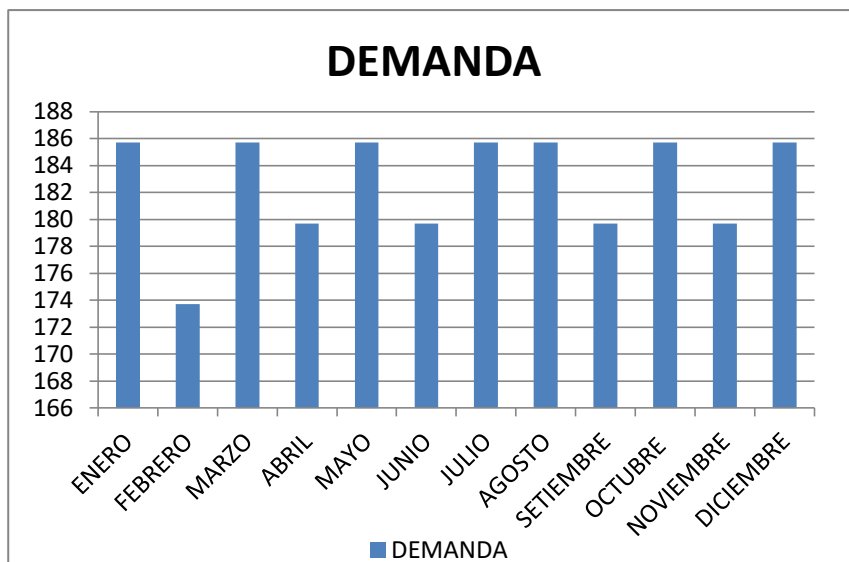
ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Estudiantes	350.00	15.00 Lt/pers/día	5250.00
2	Docentes y administrativos	49.00	15.00 Lt/pers/día	735.00
TOTAL				5985.00
				5.99 m3/día

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.39: DEMANDA MENSUAL EN LOS LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH (m³).

MES	DEMANDA
ENERO	185.69
FEBRERO	173.71
MARZO	185.69
ABRIL	179.7
MAYO	185.69
JUNIO	179.7
JULIO	185.69
AGOSTO	185.69
SEPTIEMBRE	179.7
OCTUBRE	185.69
NOVIEMBRE	179.7
DICIEMBRE	185.69
TOTAL	2192.34

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.11: DEMANDA MENSUAL EN LOS LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de 5.99 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 2192.34 m³ como se muestra en el Cuadro N° 3.39.

d.11.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en la Facultad de Ciencias de la Salud.

Con el mismo criterio explicado en el ítem d.1. se procede a determinar el número de beneficiarios, 12 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, nos entrega un total de 420 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto al personal docente, a razón de un docente por aula y además un promedio de 28 docentes circulando en la facultad, nos entrega un total de 40 docentes, por otro lado, con el personal administrativo no se presenta esta rotación. En resumen, los beneficiarios de este sistema son:

- N° ALUMNOS: 350.00
- N° PROFESORES: 40.00
- N° ADMINISTRATIVOS: 10.00

CUADRO N° 3.40: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FCS.

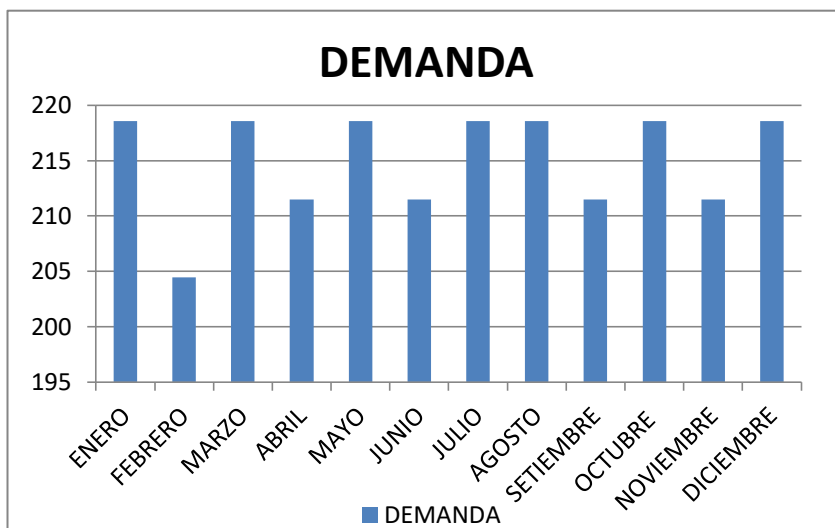
ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Estudiantes	420.00	15.00 Lt/pers/día	6300.00
2	Docentes y administrativos	50.00	15.00 Lt/pers/día	750.00
TOTAL				7050.00
				7.05 m ³ /día

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.41: DEMANDA MENSUAL EN LA FCS (m³)

MES	DEMANDA
ENERO	218.55
FEBRERO	204.45
MARZO	218.55
ABRIL	211.5
MAYO	218.55
JUNIO	211.5
JULIO	218.55
AGOSTO	218.55
SEPTIEMBRE	211.5
OCTUBRE	218.55
NOVIEMBRE	211.5
DICIEMBRE	218.55
TOTAL	2580.30

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.12: DEMANDA MENSUAL EN LA FCS (m³).
FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de 7.05 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 2580.30 m³ como se muestra en el Cuadro N° 3.41.

d.12.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.

Con el mismo criterio explicado en el ítem d.1. se procede a determinar el número de beneficiarios, 14 aulas con una capacidad promedio de 35 alumnos, nos entrega un total de 490 alumnos como potenciales usuarios, en cuanto al personal docente, a razón de un docente por aula y además un promedio de 26 docentes circulando en la facultad, nos entrega un total de 40 docentes, por otro lado, con el personal administrativo no se presenta esta rotación. En resumen, los beneficiarios de este sistema son:

- N° ALUMNOS: 490.00
- N° PROFESORES: 40.00
- N° ADMINISTRATIVOS: 10.00

Con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

CUADRO N° 3.42: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA FISI.

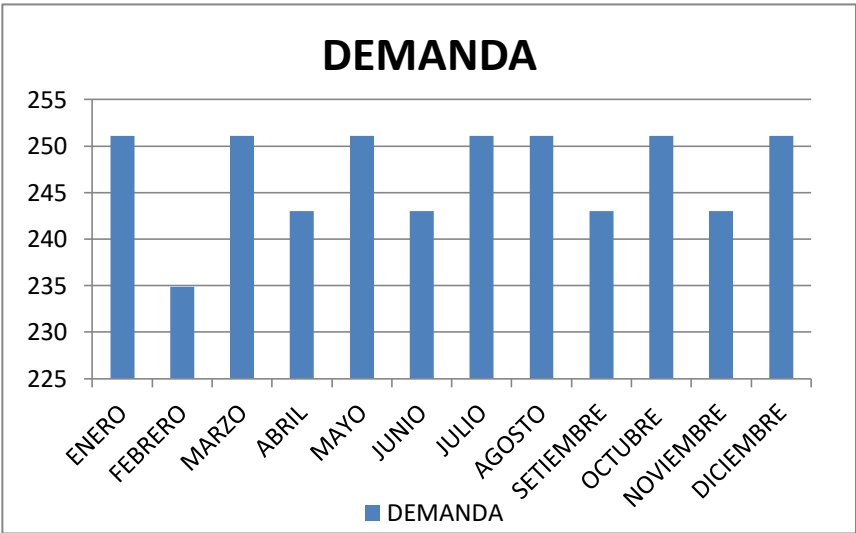
ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Estudiantes	490.00	15.00 Lt/pers/día	7350.00
2	Docentes y administrativos	50.00	15.00 Lt/pers/día	750.00
TOTAL				8100.00
				8.10 m³/día

FUENTE: Elaboración Propia

CUADRO N° 3.43: DEMANDA MENSUAL EN LA FISI (m³)

MES	DEMANDA
ENERO	251.1
FEBRERO	234.9
MARZO	251.1
ABRIL	243
MAYO	251.1
JUNIO	243
JULIO	251.1
AGOSTO	251.1
SEPTIEMBRE	243
OCTUBRE	251.1
NOVIEMBRE	243
DICIEMBRE	251.1
TOTAL	2964.60

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.13: DEMANDA MENSUAL EN LA FISI (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

La demanda diaria es de 8.10 m³/día y la demanda acumulada en un año es de 2964.60 m³ como se muestra en el Cuadro N° 3.43.

d.13.- Cálculo de la demanda diaria de agua (en los usos en donde el agua de lluvia puede reemplazar efectivamente al agua potable) en la Oficina de Desarrollo y Registro Académico.

CUADRO N° 3.44: CÁLCULO DE LA DEMANDA DIARIA DE AGUA EN LA ODRA.

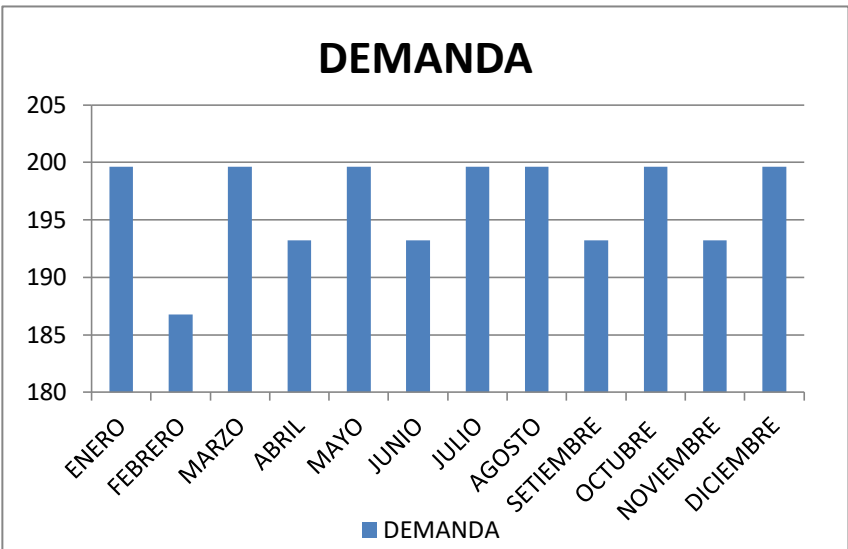
ITEM	USO DEL ÁREA	CANTIDAD	DOTACIÓN DIARIA DE SANITARIOS	DEMANDA DIARIA (Lt/día)
1	Administrativos	3575.16	1.80 Lt/pers/día	6435.29
TOTAL				6435.29
				6.44 m3/día

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.45: DEMANDA MENSUAL EN ODRA (m³)

MES	DEMANDA
ENERO	199.64
FEBRERO	186.76
MARZO	199.64
ABRIL	193.2
MAYO	199.64
JUNIO	193.2
JULIO	199.64
AGOSTO	199.64
SEPTIEMBRE	193.2
OCTUBRE	199.64
NOVIEMBRE	193.2
DICIEMBRE	199.64
TOTAL	2357.04

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.14: DEMANDA MENSUAL EN LA ODRA (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

En este caso la demanda se tiene que calcular por medio del área, que en total es de 469.15 m^2 . Luego con los datos de dotación diaria y beneficiarios se calcula la demanda diaria del sistema.

La demanda diaria es de $6.44 \text{ m}^3/\text{día}$ y la demanda acumulada en un año es de 2357.04 m^3 como se muestra en el Cuadro N° 3.45.

En conclusión, la demanda diaria total de agua en los usos mencionados y en toda la ciudad universitaria es de 109.02 m^3 y su demanda anual total es de 35861.47 m^3

e) Cálculo de las superficies de captación para los diversos sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia.

Las superficies de captación se midieron en los planos IS-01 de todos los sistemas de aprovechamiento, y dieron como resultado los cuadros de las siguientes páginas.

f) Cálculo de la oferta de agua de lluvia.

f.1.- Facultad de Ciencias Agrarias.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia, en el Anexo N° 04-A se multiplica la precipitación neta (P50) por el área de captación 2455.57 m^2 . Es así que se obtiene una oferta anual de 2775.84 m^3 .

f.2.- Facultad de Ingeniería Agroindustrial.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-B. Es así que se obtiene una oferta anual de 1225.07 m^3 .

f.3.- Complejo Deportivo – Ciudad Universitaria.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en los Anexos N° 04-C y N° 04-D (para uso en riego de gras natural y en SS.HH. respectivamente). Es así que se obtiene una oferta anual de 1784.69 y 188.70 m^3 . que será destinado para cada uso respectivamente.

f.4.- Facultad de Ciencias Económicas.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-E. Es así que se obtiene una oferta anual de 1225.56 m^3 .

f.5.- Laboratorios de Procesos Tecnológicos Agroindustriales de la Facultad de Ingeniería Agroindustrial.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-F. Es así que se obtiene una oferta anual de 196.45 m^3 .

CUADRO N° 3.46: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FCA

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Laboratorios.	254.44	254.44
Edificación N° 02: Laboratorios.	687.39	687.39
Edificación N° 03: Laboratorios.	193.69	193.69
Edificación N° 04: SS.HH.	131.67	131.67
Edificación N° 05: Aulas.	272.24	272.24
Edificación N° 06: Oficinas Administrativas	452.43	452.43
Edificación N° 07: Oficinas Administrativas	463.71	463.71
Pasadizo	44.05	0.00
TOTAL	2499.62	2455.57

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.47: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FIAI

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Oficinas Administrativas	458.39	458.39
Edificación N° 02: Oficinas Administrativas	500.64	500.64
Edificación N° 03: SS.HH.	124.70	124.70
TOTAL A USAR EN LA FIAI	1083.73	1083.73
Edificación N° 04: Aulas	296.49	296.49
Edificación N° 05: Laboratorios	700.15	700.15
Pasadizo	128.08	0.00
TOTAL A USAR EN EL COMPLEJO DEPORT.	1124.72	996.64

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.48: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN EL COMPLEJO DEPORTIVO - CIUDAD UNIVERSITARIA

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: SS.HH.	166.93	166.93
TOTAL A USAR EN LOS SS.HH.	166.93	166.93
Edificación N° 02: Tribuna Oeste	291.07	291.07
Edificación N° 03: Tribuna Este	291.07	291.07
Edificación N° 04: Aulas (FIAI)	296.49	296.49
Edificación N° 05: Laboratorios (FIAI)	700.15	700.15
Pasadizo (FIAI)	128.08	0.00
TOTAL A USAR EN EL RIEGO DEL CAMPO	1706.86	1578.78

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.49: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Oficinas administrativas	368.41	368.41
Edificación N° 02: Aulas	262.78	262.78
Edificación N° 03: SS.HH.	112.28	112.28
Edificación N° 04: Auditorio y aulas	340.69	340.69
TOTAL	1084.16	1084.16

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.50: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LABORATORIO DE PROCESOS TECNOLOGICOS AGROINDUSTRIALES DE LA FACULTAD DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: SS.HH.	173.78	173.78
Edificación N° 02: Planta Piloto	1288.08	0.00
Edificación N° 03: Planta de Tratamiento de agua	131.51	0.00
Edificación N° 04: Patio de Exhibición	150.33	0.00
TOTAL	1743.70	173.78

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.51: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Comedor	1316.82	1316.82
Edificación N° 02: SS.HH.	82.49	82.49
Edificación N° 03: Cuarto de control de gas	13.69	0.00
Edificación N° 04: Tanque cisterna	10.41	0.00
TOTAL	1423.41	1399.31

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.52: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Auditorio y Oficinas Administrativas	1001.81	1001.81
Edificación N° 02: Aulas	279.59	279.59
Edificación N° 03: SS.HH.	70.63	0.00
Edificación N° 04: Laboratorios	894.15	894.15
Edificación N° 05: Gabinete de Dibujo	368.72	368.72
TOTAL	2614.90	2544.27

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.53: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FACULTAD DE DERECHO

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Auditorio	259.17	259.17
Edificación N° 02: Aulas y Oficinas	576.25	502.50
Edificación N° 03: aulas	578.56	578.56
Edificación N° 04: Escalera N° 1	103.86	60.65
Edificación N° 05: Escalera N° 2	103.86	60.65
TOTAL	1621.70	1461.53

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.54: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN VIDEO CONFERENCIAS

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Auditorio	318.06	0.00
Edificación N° 02: Pasadizo	223.71	223.71
Edificación N° 03: SS.HH.	69.04	0.00
TOTAL	610.81	223.71

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.55: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN EL LABORATORIO DE FORMACIÓN GENERAL Y FACULTAD DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Aulas	307.18	278.85
Edificación N° 02: Oficinas administrativas	466.00	461.98
Edificación N° 03: SS.HH.	179.65	179.65
Edificación N° 04: Laboratorios	833.86	809.23
Pasadizos	127.95	0.00
TOTAL	1914.64	1729.71

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.56: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Aulas Obstetricia	297.58	265.28
Edificación N° 02: SS.HH.	124.83	124.83
Edificación N° 03: Oficinas administrativas	324.18	324.18
Edificación N° 04: Aulas Enfermería	294.05	264.14
TOTAL	1040.64	978.43

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.57: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA

DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Oficinas administrativas	388.84	352.96
Edificación N° 02: Aulas y Auditorio	372.47	372.47
Edificación N° 03: Escalera	56.08	0.00
Edificación N° 04: Laboratorios de la FCS	914.32	675.20
TOTAL	1731.71	1400.63

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.58: SUPERFICIES DE CAPTACIÓN EN LA ODRA

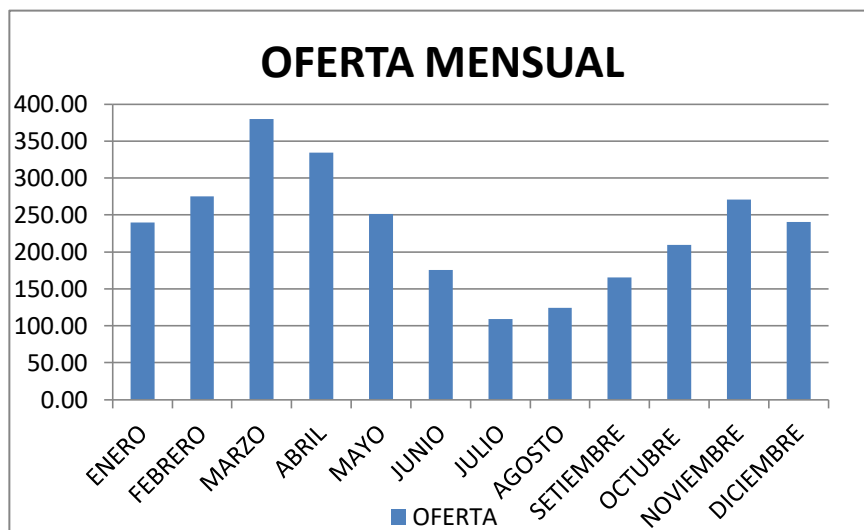
DESCRIPCIÓN	ÁREA TOTAL (M2)	ÁREA UTILIZABLE (M2)
Edificación N° 01: Oficina de Desarrollo y Registro Académico	1088.03	1064.06
TOTAL	1088.03	1064.06

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.59: OFERTA MENSUAL EN LA FCA (m³)

MES	OFERTA
ENERO	240.08
FEBRERO	275.34
MARZO	380.02
ABRIL	334.15
MAYO	251.10
JUNIO	175.41
JULIO	109.24
AGOSTO	124.04
SETIEMBRE	165.19
OCTUBRE	209.61
NOVIEMBRE	270.86
DICIEMBRE	240.80
TOTAL	2775.84

FUENTE: Elaboración Propia.

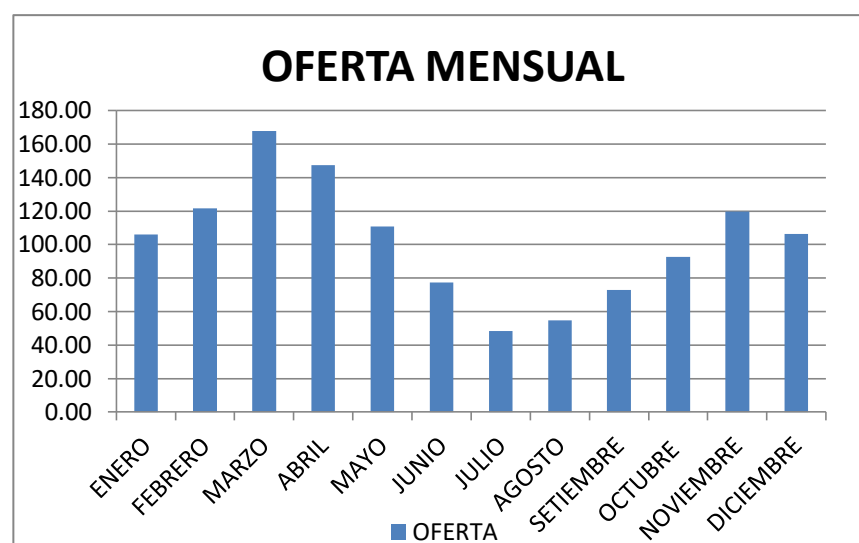


ESQUEMA N° 3.15: OFERTA MENSUAL EN LA FCA (m³).
FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.60: OFERTA MENSUAL EN LA FIAI (m³)

MES	OFERTA
ENERO	105.95
FEBRERO	121.52
MARZO	167.72
ABRIL	147.47
MAYO	110.82
JUNIO	77.41
JULIO	48.21
AGOSTO	54.74
SETIEMBRE	72.90
OCTUBRE	92.51
NOVIEMBRE	119.54
DICIEMBRE	106.27
TOTAL	1225.07

FUENTE: Elaboración Propia.

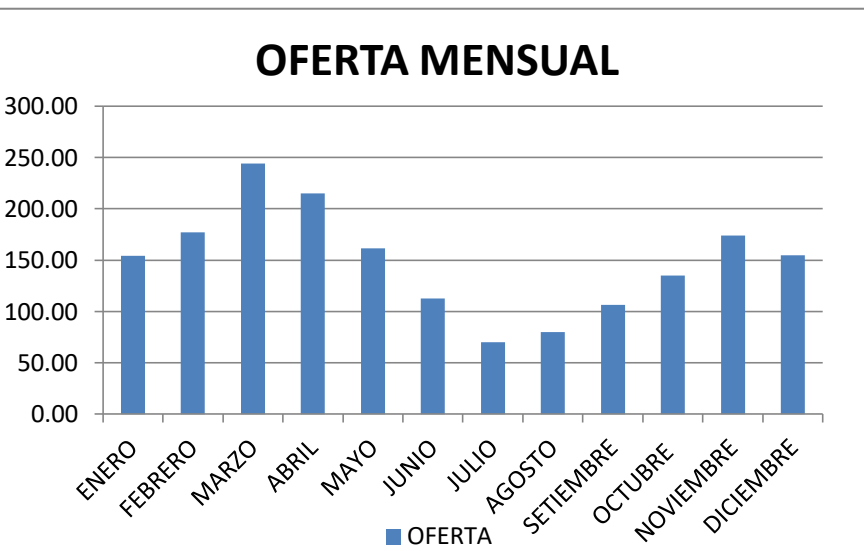


ESQUEMA N° 3.16: OFERTA MENSUAL EN LA FIAI (m³).
FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.61: OFERTA MENSUAL EN EL COMP. DEP. (RIEGO) (m³)

MES	OFERTA
ENERO	154.35
FEBRERO	177.03
MARZO	244.33
ABRIL	214.84
MAYO	161.44
JUNIO	112.78
JULIO	70.24
AGOSTO	79.75
SETIEMBRE	106.21
OCTUBRE	134.76
NOVIEMBRE	174.15
DICIEMBRE	154.82
TOTAL	1784.69

FUENTE: Elaboración Propia.

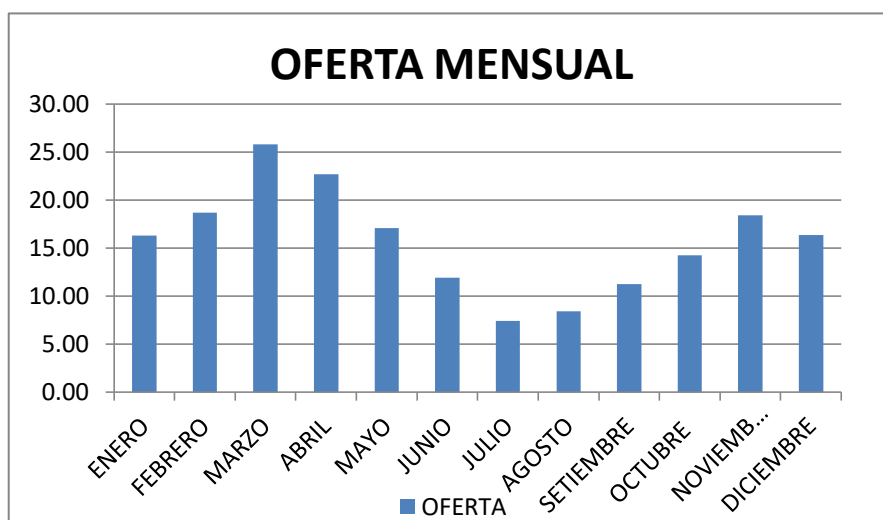


ESQUEMA N° 3.17: OFERTA MENSUAL EN EL COMP. DEP. (RIEGO) (m³).
FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.62: OFERTA MENSUAL EN EL COMP. DEP. (SS.HH.) (m³)

MES	OFERTA
ENERO	16.32
FEBRERO	18.72
MARZO	25.83
ABRIL	22.72
MAYO	17.07
JUNIO	11.92
JULIO	7.43
AGOSTO	8.43
SETIEMBRE	11.23
OCTUBRE	14.25
NOVIEMBRE	18.41
DICIEMBRE	16.37
TOTAL	188.70

FUENTE: Elaboración Propia.



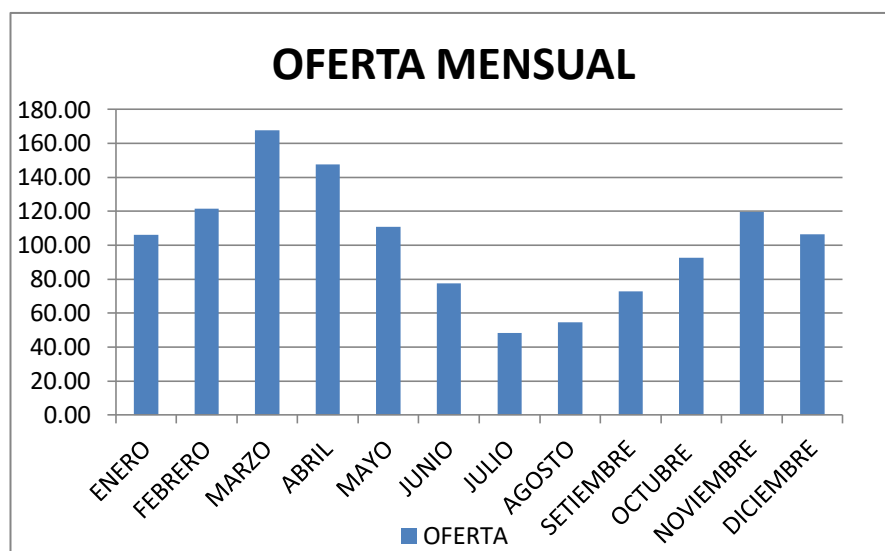
ESQUEMA N° 3.18: OFERTA MENSUAL EN EL COMP. DEP. (SS.HH.) (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.63: OFERTA MENSUAL EN LA FCE (m³)

MES	OFERTA
ENERO	106.00
FEBRERO	121.56
MARZO	167.78
ABRIL	147.53
MAYO	110.86
JUNIO	77.44
JULIO	48.23
AGOSTO	54.76
SETIEMBRE	72.93
OCTUBRE	92.54
NOVIEMBRE	119.59
DICIEMBRE	106.32
TOTAL	1225.56

FUENTE: Elaboración Propia.



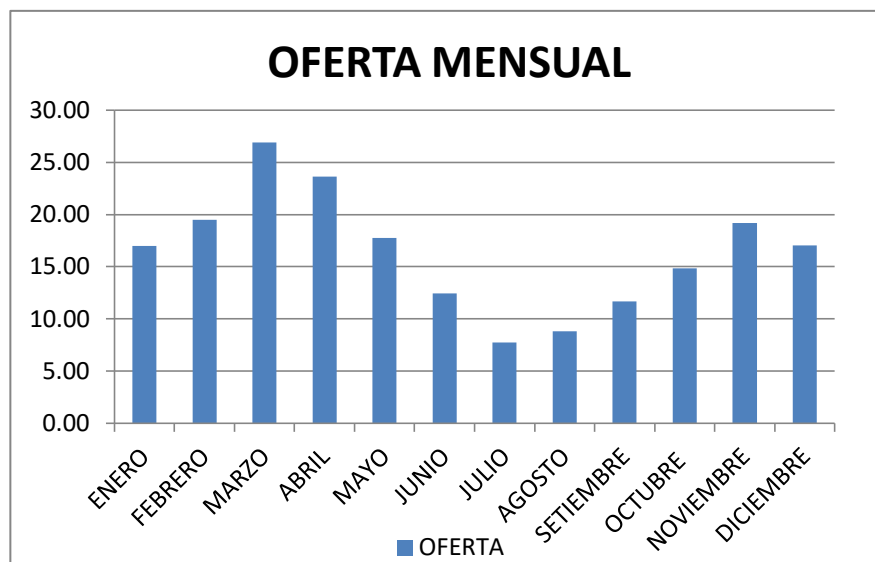
ESQUEMA N° 3.19: OFERTA MENSUAL EN LA FCE (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.64: OFERTA MENSUAL EN LOS L.P.T.A. DE LA FIAI (m³)

MES	OFERTA
ENERO	16.99
FEBRERO	19.49
MARZO	26.89
ABRIL	23.65
MAYO	17.77
JUNIO	12.41
JULIO	7.73
AGOSTO	8.78
SETIEMBRE	11.69
OCTUBRE	14.83
NOVIEMBRE	19.17
DICIEMBRE	17.04
TOTAL	196.45

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.20: OFERTA MENSUAL EN LOS LPTA DE LA FIAI (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

f.6.- Comedor Universitario

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-G. Es así que se obtiene una oferta anual de 1581.81 m³.

f.7.- Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-H. Es así que se obtiene una oferta anual de 2876.10 m³.

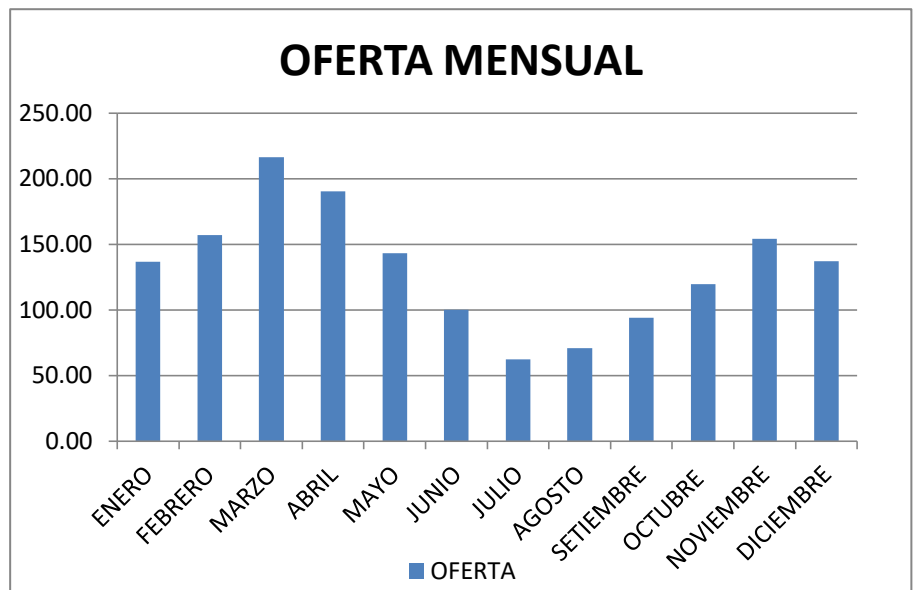
f.8.- Facultad de Derecho

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-I. Es así que se obtiene una oferta anual de 1652.15 m³.

CUADRO N° 3.65:
OFERTA MENSUAL EN
EL COMEDOR UNIV. (m³)

MES	OFERTA
ENERO	136.81
FEBRERO	156.90
MARZO	216.56
ABRIL	190.42
MAYO	143.09
JUNIO	99.96
JULIO	62.25
AGOSTO	70.68
SEPTIEMBRE	94.13
OCTUBRE	119.45
NOVIEMBRE	154.35
DICIEMBRE	137.22
TOTAL	1581.81

FUENTE: Elaboración Propia.



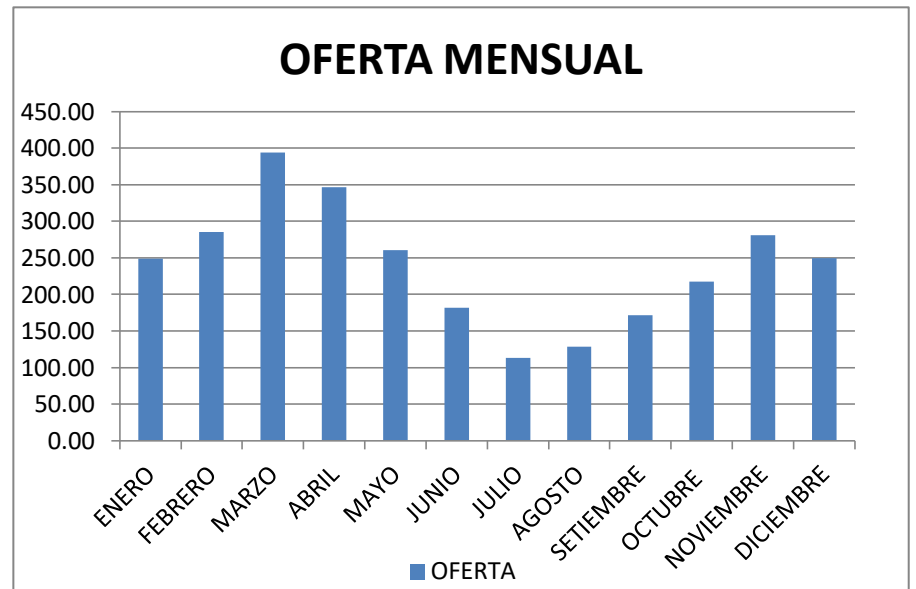
ESQUEMA N° 3.21: OFERTA MENSUAL EN EL COMEDOR UNIV. (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.66:
OFERTA MENSUAL EN
LA FICA (m³)

MES	OFERTA
ENERO	248.75
FEBRERO	285.28
MARZO	393.75
ABRIL	346.22
MAYO	260.17
JUNIO	181.74
JULIO	113.19
AGOSTO	128.52
SEPTIEMBRE	171.16
OCTUBRE	217.18
NOVIEMBRE	280.64
DICIEMBRE	249.50
TOTAL	2876.10

FUENTE: Elaboración Propia.



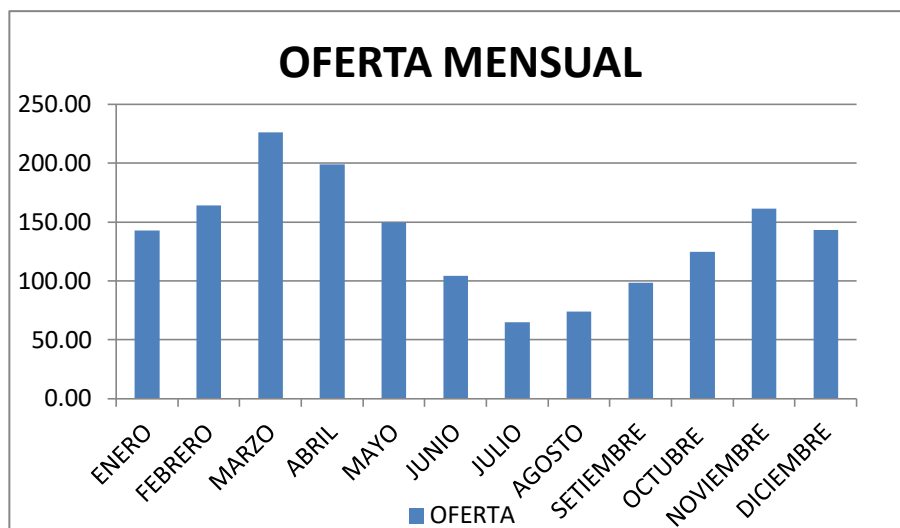
ESQUEMA N° 3.22: OFERTA MENSUAL EN LA FICA (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.67:
OFERTA MENSUAL EN
LA FD (m³)

MES	OFERTA
ENERO	142.89
FEBRERO	163.88
MARZO	226.19
ABRIL	198.89
MAYO	149.45
JUNIO	104.40
JULIO	65.02
AGOSTO	73.82
SETIEMBRE	98.32
OCTUBRE	124.76
NOVIEMBRE	161.21
DICIEMBRE	143.32
TOTAL	1652.15

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.23: OFERTA MENSUAL EN LA FD (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

f.9.- Video Conferencias

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-J. Es así que se obtiene una oferta anual de 252.89 m³.

f.10.- Laboratorio de Formación General y Facultad de Educación y Humanidades.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-K. Es así que se obtiene una oferta anual de 1955.31 m³.

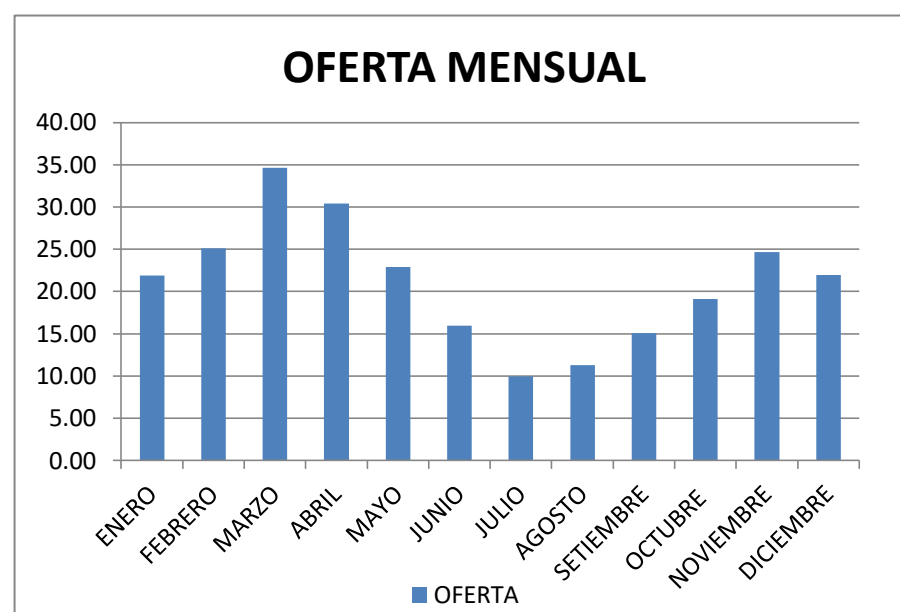
f.11.- Facultad de Ciencias de la Salud.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-L. Es así que se obtiene una oferta anual de 1106.04 m³.

CUADRO N° 3.68:
OFERTA MENSUAL EN
VIDEO CONFER. (m³)

MES	OFERTA
ENERO	21.87
FEBRERO	25.08
MARZO	34.62
ABRIL	30.44
MAYO	22.88
JUNIO	15.98
JULIO	9.95
AGOSTO	11.30
SETIEMBRE	15.05
OCTUBRE	19.10
NOVIEMBRE	24.68
DICIEMBRE	21.94
TOTAL	252.89

FUENTE: Elaboración Propia.



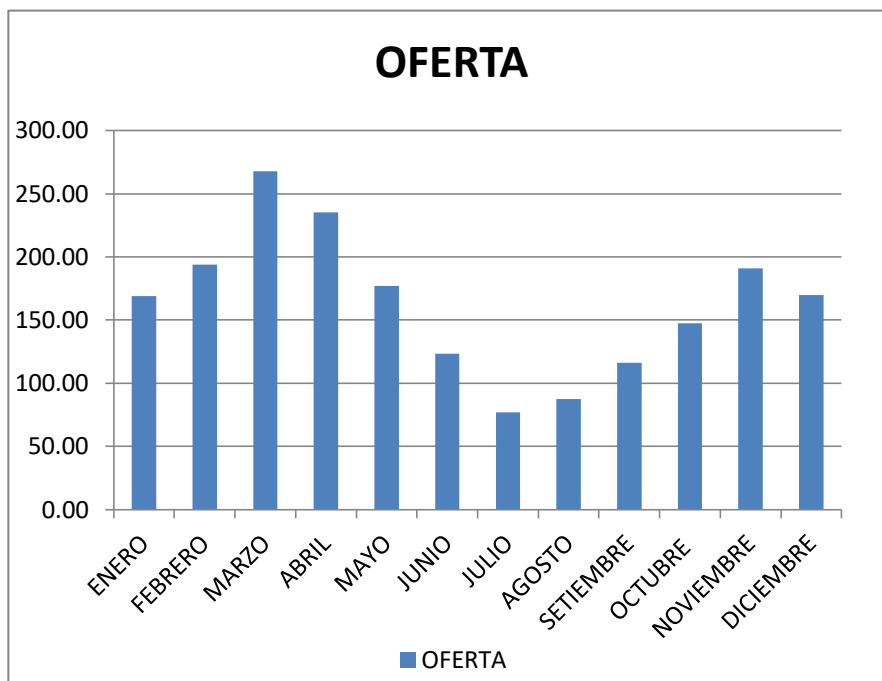
ESQUEMA N° 3.24: OFERTA MENSUAL EN VIDEO CONFER. (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.69:
OFERTA MENSUAL EN
EL L.F.G. Y FEH. (m³)

MES	OFERTA
ENERO	169.11
FEBRERO	193.95
MARZO	267.69
ABRIL	235.38
MAYO	176.87
JUNIO	123.56
JULIO	76.95
AGOSTO	87.37
SETIEMBRE	116.36
OCTUBRE	147.65
NOVIEMBRE	190.79
DICIEMBRE	169.62
TOTAL	1955.31

FUENTE: Elaboración Propia.



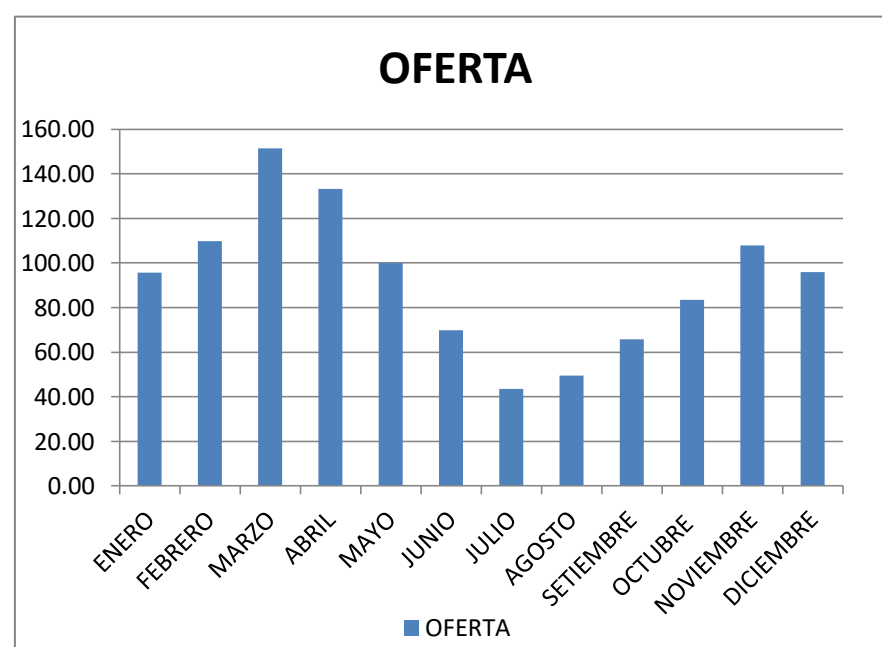
ESQUEMA N° 3.25: OFERTA MENSUAL EN EL L.F.G. Y FEH. (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.70:
OFERTA MENSUAL EN LA
FCS. (m³)

MES	OFERTA
ENERO	95.66
FEBRERO	109.71
MARZO	151.42
ABRIL	133.14
MAYO	100.05
JUNIO	69.89
JULIO	43.53
AGOSTO	49.42
SETIEMBRE	65.82
OCTUBRE	83.52
NOVIEMBRE	107.92
DICIEMBRE	95.95
TOTAL	1106.04

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.26: OFERTA MENSUAL LA FCS. (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

f.12.- Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-M. Es así que se obtiene una oferta anual de 1583.31 m³.

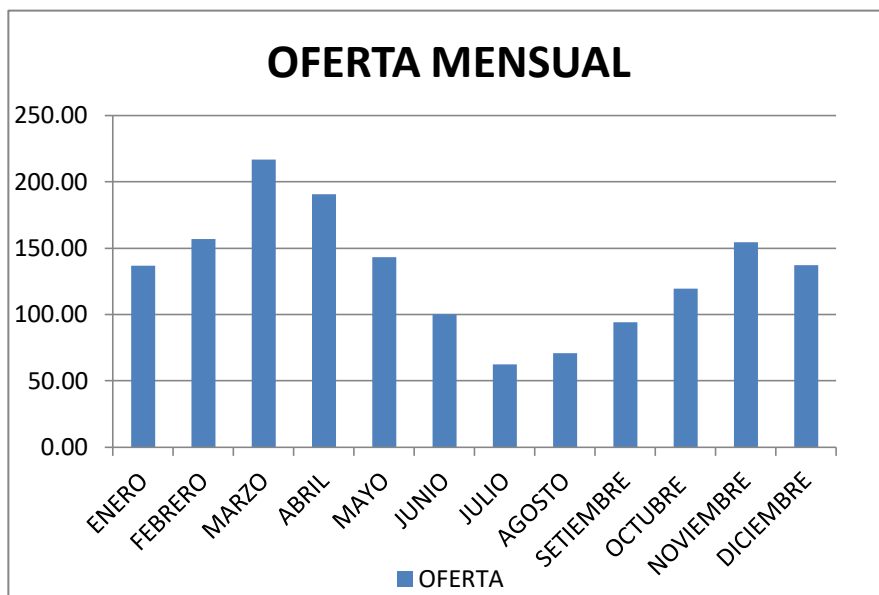
f.13.- Oficina de Desarrollo y Registro Académico.

Para obtener la oferta diaria de agua de lluvia se procede de la misma manera que en f.1. pero en el Anexo N° 04-N. Es así que se obtiene una oferta anual de 1202.84 m³.

CUADRO N° 3.71: OFERTA MENSUAL EN LA FISI. (m³)

MES	OFERTA
ENERO	136.94
FEBRERO	157.05
MARZO	216.76
ABRIL	190.60
MAYO	143.22
JUNIO	100.05
JULIO	62.31
AGOSTO	70.75
SEPTIEMBRE	94.22
OCTUBRE	119.56
NOVIEMBRE	154.50
DICIEMBRE	137.35
TOTAL	1583.31

FUENTE: Elaboración Propia.



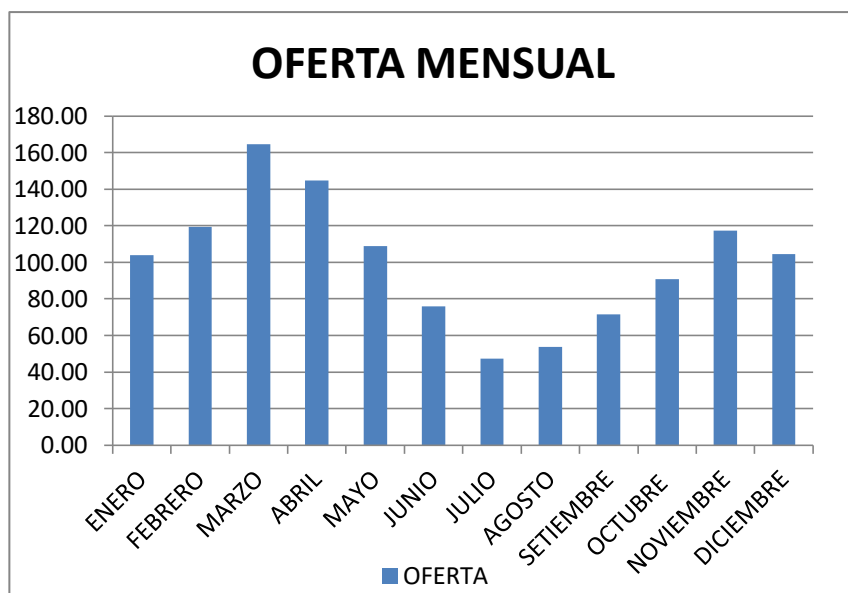
ESQUEMA N° 3.27: OFERTA MENSUAL LA FISI. (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.72: OFERTA MENSUAL EN LA ODRA. (m³)

MES	OFERTA
ENERO	104.03
FEBRERO	119.31
MARZO	164.67
ABRIL	144.80
MAYO	108.81
JUNIO	76.01
JULIO	47.34
AGOSTO	53.75
SEPTIEMBRE	71.58
OCTUBRE	90.83
NOVIEMBRE	117.37
DICIEMBRE	104.35
TOTAL	1202.84

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 3.28: OFERTA MENSUAL EN LA ODRA. (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

g) Tanques interceptores de primeras aguas.

Los tanques interceptores se determinaron teniendo en cuenta los criterios explicados en 2.5.2.9. Sistema de Aprovechamiento de Aguas Pluviales del Marco teórico. Es así que los tanques interceptores se muestran en los siguientes cuadros, además de presentarse también en el plano IS-01 de todos los sistemas.

CUADRO N° 3.73: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FCA. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	250	7
I2	120	3

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.74: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FIAI. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	450	2
I2	120	1
I3	600	1
I4	250	2

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.75: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN EL COMPLEJO DEP. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	120	1
I2	250	2

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.76: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FCE. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	450	2
I2	250	1
I3	120	1

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.77: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN EL LAB. DE PROCES. TECN. AGROIND. DE LA FIAI. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	250	1

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.78: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN COMEDOR UNIVER. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	450	3
I2	120	1

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.79: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FICA. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	750	1
I2	350	2
I3	250	1
I4	1100	1

FUENTE: Elaboración Propia.}

CUADRO N° 3.80: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FD. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	250	1
I2	600	2

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.81: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN VIDEO CONFER. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	250	1

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.82: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN EL LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	250	2
I2	350	1
I3	125	1
I4	450	2

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.83: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FCS. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	600	1
I2	250	1
I3	120	1

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.84: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA FISI. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	120	4
I2	350	2

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.85: TANQUE INTERCEPTOR DE PRIMERAS AGUAS EN LA ODRA. (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	1100	1
I2	120	1

FUENTE: Elaboración Propia.

En resumen, los tanques interceptores que se utilizarán en toda la ciudad universitaria serán:

CUADRO N° 3.86: RESUMEN DE TANQUES INTERCEPTORES DE PRIMERAS AGUAS EN TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA DE LA UNSM (m³)

N°	VOLUMEN (Lt)	CANT.
I1	120	14
I2	250	19
I3	350	5
I4	450	9
I5	600	4
I6	750	1
I7	1100	2

FUENTE: Elaboración Propia.

El agua entrará a los tanques por medio de un bajante unido a las canaletas, por otro lado, cada tanque interceptor contará con una válvula de flotador que permitirá su llenado, cuando este alcance el nivel deseado, la válvula impedirá el paso del agua hacia el interceptor y la dirigirá hacia el tanque de almacenamiento. Adicionalmente contará con una válvula compuerta en la parte inferior del tanque para hacer el mantenimiento después de cada lluvia.

h) Cálculo del volumen del tanque de almacenamiento de cada sistema de aprovechamiento de aguas pluviales basándonos en el porcentaje de ahorro de agua potable.

El cálculo del volumen del tanque de almacenamiento se muestra en el anexo N° 1 y para elegir el material y modelo de cada tanque se tuvieron en cuenta todos los criterios mencionados en 2.5.2.9. Sistema de Aprovechamiento de Aguas Pluviales del Marco teórico.

h.1.- Facultad de Ciencias Agrarias.

Para elegir el procedimiento a seguir, se comparó el que nos recomienda el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del ambiente entre el utilizado por Grandéz Rodríguez en su tesis, los mismos que se explican en las páginas 41 y 42.

Refiriendonos al Anexo N° 4-A, y siguiendo el primer procedimiento, se obtiene el valor máximo de la columna almacenamiento que es de 196.15 m³ correspondiente al día 139, lo que quiere decir que el volumen de almacenamiento debería ser de 196.15 m³.

Por otro lado, siguiendo el segundo procedimiento, se asumieron 3 volúmenes, de 10, 15 y 20 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 68.59, 74.33 y 77.14 % respectivamente (ver cuadro 04-A-3). Así mismo se observa en el esquema N° 01-A-1 que solo en 4 meses la oferta sobrepasa a la demanda y que en los meses de junio, julio y setiembre la demanda es mucho mayor que la oferta siendo mucho más esta diferencia en el mes de junio. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-A-2, 3 y 4, notamos que en 10 meses el uso de agua de lluvia es mayor, siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 94.46, 98.38 y 100.00 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ respectivamente y de la misma manera solo en 2 meses el uso de agua de lluvia es menor que el de agua potable, siendo el mínimo en el mes de julio y con una magnitud de 39.27, 42.76 y 42.76 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ respectivamente. Por otro lado también se debe mencionar que no toda el agua de lluvia precipitada será aprovechada, ya que existen días en que la oferta será mayor que la capacidad de almacenamiento, por ello en el cuadro N° 04-A-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual y que es de 76.96, 83.40 y 95.16 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ respectivamente. Con toda esta información, según el segundo método, el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable, mayor aprovechamiento de la oferta y más óptimo económicamente es de 15 m³.

Esta diferencia elevada entre los resultados del primer método y el segundo radica en

que el primero está diseñado para un sistema que usara netamente agua de lluvia y el segundo para un sistema dual es decir que cuando el agua de lluvia almacenada se agote, el tanque se llenara con agua potable para así garantizar un suministro constante. Desde el punto de vista económico el segundo método parece arrojar resultados más óptimos ya que el tanque de almacenamiento es quizás la parte más costosa del sistema, es así que elegimos el método utilizado por Grandéz Rodríguez en su tesis como metodo a seguir en el resto de sistemas de aprovechamiento.

h.2.- Facultad de Ingeniería Agroindustrial.

Refiriendonos al Anexo N° 4-B, se asumieron 3 volúmenes, de 10, 15 y 20 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 77.36, 79.39 y 80.46 % respectivamente (ver cuadro 04-B-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-B-1 que solo en 4 meses la oferta sobrepasa a la demanda y que en los meses de junio, julio, agosto y setiembre la demanda es mucho mayor que la oferta siendo mucho mas esta diferencia en el mes de julio. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-B-2, 3 y 4, notamos que en 10 meses el uso de agua de lluvia es mayor, siendo el maximo en el mes de marzo con una magnitud de 100.00 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ y de la misma manera solo en 2 meses el uso de agua lluvia es menor que el de agua potable, siendo el minimo en el mes de julio y con una magnitud de 42.10, 49.73 y 49.73 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ respectivamente. Por otro en el cuadro N° 04-B-3 se muestra tambien el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual y que es de 88.05, 90.36 y 91.59 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable es de 10 m³.

h.3.- Complejo Deportivo – Ciudad Universitaria

→ Para riego del gras natural.

Refiriendonos al Anexo N° 4-C, se asumieron 3 volúmenes, de 15, 30 y 40 m³, los que arrojaron un porcentaje de uso de agua de lluvia de 16.98, 17.50 y 17.60 % respectivamente (ver cuadro 04-C-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-C-1 que en ningún mes la oferta de agua de lluvia sobrepasa a la demanda. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-C-2, 3 y 4, notamos que en todos los meses el uso de agua de lluvia es menor que el de agua de otras fuentes, siendo el maximo en el mes de marzo con una magnitud de 61.37, 64.36 y 64.36 % para los tanques de 15, 30 y 40 m³ y de la misma manera el mes de uso minimo de agua de lluvia es en julio y con una

magnitud de 5.84 % para todos los tanques. Al parecer el diseño de este sistema nos es viable ya que se tienen volúmenes de tanque muy elevados y que aun así el aporte del agua de lluvia es bajo, por ello es que se recomienda que el suministro sea dual pero de ninguna manera con agua potable, sino con agua obtenida de otras fuentes como es el caso de aguas subterráneas, o también se podría aumentar la oferta de agua de lluvia captando de otras superficies, como pistas, veredas y estacionamientos, en cualquier caso la implementación de otra fuente de agua requiera de una mayor inversión económica. Por ello para efectos de este cálculo se decidió no usar agua potable en este sistema entonces el potencial de ahorro de agua potable sería del 100%. Por otro lado, en el cuadro N° 04-C-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual de agua de lluvia que es de 97.29, 100.00 y 100.00 % para los tanques de 15, 30 y 40 m³ respectivamente.

En conclusión, con solo esta información, el óptimo volumen del tanque de almacenamiento sería solo de 15 m³, sin embargo cuando se diseñó el sistema de distribución y se planteó un sistema hidroneumático, la norma IS 010 recomienda en su artículo 2.4-f que en caso de utilizar sistemas hidroneumáticos el volumen mínimo del tanque de almacenamiento será igual al consumo diario o 1000 L, y la máxima demanda diaria en este sistema es de 38.98 (ver cuadro 3.23.) y redondeando, el tanque de almacenamiento asumido es de 40 m³.

→ **Para uso en los SS.HH.**

Refiriéndonos al Anexo N° 4-D, se asumieron 3 volúmenes, de 1.20, 2.80 y 5.00 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 74.19, 78.98 y 81.40 % respectivamente (ver cuadro 04-D-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-D-1 que solo en 4 meses la oferta sobrepasa a la demanda y que en los 8 meses restantes la demanda es mayor que la oferta siendo mucho más esta diferencia en el mes de julio. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-D-2, 3 y 4, notamos que en 10 meses el uso de agua de lluvia es mayor, siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 98.83, 100.00 y 100.00 % para los tanques de 1.20, 2.80 y 5.00 m³ respectivamente y de la misma manera solo en 2 meses el uso de agua de lluvia es menor que el de agua potable, siendo el mínimo en el mes de julio y con una magnitud de 41.11 % para todos los tanques de almacenamiento. Por otro lado, en el cuadro N° 04-D-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 86.34, 91.91 y 94.73 % para los tanques de 1.20, 2.80 y 5.00 m³ respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento

que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 1.20 m³.

h.4.- Facultad de Ciencias Económicas.

Refiriendonos al Anexo N° 4-E, se asumieron 3 volúmenes, de 10, 15 y 20 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 40.31, 41.24 y 41.52 % respectivamente (ver cuadro 04-E-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-E-1 que en todos los meses la oferta sobrepasa a la demanda y que el mes de mayor oferta es marzo y de menor oferta es de julio. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-E-2, 3 y 4, notamos que solo en 3 meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable, siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 64.01, 66.02 y 67.32 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ respectivamente y de la misma manera en 9 meses el uso de agua de lluvia es menor que el agua potable, siendo el mínimo en el mes de julio y con una magnitud de 19.35 % para todos los tanques de almacenamiento. Por otro lado en el cuadro N° 04-E-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 96.79, 99.02 y 99.69 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 10 m³.

h.5.- Laboratorios de procesos Agroindustriales de la FIAI.

Refiriendonos al Anexo N° 4-F, se asumieron 3 volúmenes, de 1.20, 2.50 y 5.00 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 94.28, 95.64 y 97.44 % respectivamente (ver cuadro 04-F-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-F-1 que en 10 meses la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es marzo con 26.89 m³ y de menor oferta es de julio con 7.73 m³. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-F-2, 3 y 4, notamos que en todos los meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable, siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 100.00 % para todos los tanques de almacenamiento y el mínimo en el mes de agosto con una magnitud de 70.84, 70.84 y 73.00 % para los tanques de 1.20, 2.50 y 5.00 respectivamente. Por otro lado en el cuadro N° 04-F-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 66.75, 67.71 y 68.99 % para los tanques de 1.20, 2.50 y 5.00 m³ respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente

viable y es el que adoptamos es de 1.20 m^3 .

h.6.- Comedor Universitario.

Refiriendonos al Anexo N° 4-G, se asumieron 3 volúmenes, de 10, 15 y 20 m^3 , los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 68.30, 71.21 y 72.49 % respectivamente (ver cuadro 04-G-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-G-1 que en solo 2 meses la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es marzo con 216.56 m^3 y de menor oferta es de julio con 62.25 m^3 . Por otro lado, observando los esquemas N° 04-G-2, 3 y 4, notamos que en 10 meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable, siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 96.97, 99.84 y 100.00 % para los tanques de 10, 15 y 20 respectivamente y el mínimo en el mes de julio con una magnitud de 36.38 % para todos los tanques de almacenamiento. Por otro lado en el cuadro N° 04-G-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 88.98, 92.76 y 94.43 % para los tanques de 10, 15 y 20 m^3 respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 10 m^3 .

h.7.- Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

Refiriendonos al Anexo N° 4-H, se asumieron 3 volúmenes, de 10, 15 y 20 m^3 , los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 84.14, 89.69 y 92.00 % respectivamente (ver cuadro 04-H-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-H-1 que en 8 meses la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es marzo con 393.75 m^3 y de menor oferta es de julio con 113.19 m^3 . Por otro lado, observando los esquemas N° 04-H-2, 3 y 4, notamos que en todos los meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable, siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 99.50, 100.00 y 100.00 % para los tanques de 10, 15 y 20 respectivamente y el mínimo en el mes de julio con una magnitud de 54.67, 62.11 y 63.51 % para los tanques de 10, 15 y 20 respectivamente. Por otro lado en el cuadro N° 04-H-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 66.50, 70.88 y 72.71 % para los tanques de 10, 15 y 20 m^3 respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 10 m^3 .

h.8.- Facultad de Derecho.

Refiriendonos al Anexo N° 4-I, se asumieron 3 volúmenes, de 10, 15 y 20 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 46.06, 47.84 y 48.71 % respectivamente (ver cuadro 04-I-3). Así mismo se observa en el esquema N° 01-I-1 que en ningún mes la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es marzo con 226.19 m³ y de menor oferta es en julio con 65.02 m³. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-I-2, 3 y 4, notamos que solo en 5 meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable, siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 72.88, 75.84 y 76.73 % para los tanques de 10, 15 y 20 respectivamente y el mínimo en el mes de julio con una magnitud de 22.95 % para todos los tanques de almacenamiento. Por otro lado en el cuadro N° 04-I-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 93.26, 96.87 y 98.63 % para los tanques de 10, 15 y 20 m³ respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 10 m³.

h.9.- Video Conferencias.

Refiriendonos al Anexo N° 4-J, se asumieron 3 volúmenes, de 1.20, 2.80 y 5.00 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 100.00 % para todos (ver cuadro 04-J-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-J-1 que en todos los meses la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es marzo con 34.62 m³ y de menor oferta es en julio con 9.95 m³. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-J-2, 3 y 4, notamos que en todos los meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable, teniendo en todos los meses una magnitud de 100.00 % para todos los tanques. Por otro lado en el cuadro N° 04-J-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 20.26 % para todos los tanques de almacenamiento. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 1.20 m³.

h.10.- Laboratorios de Formación General y Facultad de Educación y Humanidades.

Refiriendonos al Anexo N° 4-K, se asumieron 3 volúmenes, de 5, 10 y 15 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 59.15, 73.72 y 77.64 %

respectivamente (ver cuadro 04-K-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-K-1 que en solo 4 meses la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es marzo con 267.69 m³ y de menor oferta es en julio con 76.95 m³. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-K-2, 3 y 4, notamos que en 10 meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 78.65, 98.09 y 100.00 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente y el mínimo en el mes de julio con una magnitud de 34.41, 42.79 y 42.79 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente. Por otro lado, en el cuadro N° 04-K-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 66.32, 82.65 y 87.05 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 10 m³.

h.11.- Facultad de Ciencias de la Salud.

Refiriéndonos al Anexo N° 4-L, se asumieron 3 volúmenes, de 5, 10 y 15 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 37.22, 41.73 y 42.54 % respectivamente (ver cuadro 04-L-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-L-1 que en ningún mes la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es marzo con 151.42 m³ y de menor oferta es en julio con 43.53 m³. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-L-2, 3 y 4, notamos que en solo 3 meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 56.31, 66.23 y 68.52 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente y el mínimo en el mes de julio con una magnitud de 19.76, 19.92 y 19.92 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente. Por otro lado, en el cuadro N° 04-L-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 86.84, 97.36 y 99.25 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 10 m³.

h.12.- Facultad de Ingeniería de Sistemas.

Refiriéndonos al Anexo N° 4-M, se asumieron 3 volúmenes, de 5, 10 y 15 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 39.90, 49.96 y 51.67 % respectivamente (ver cuadro 04-M-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-M-1 que en ningún mes la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es

marzo con 216.76 m³ y de menor oferta es en julio con 62.31 m³. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-M-2, 3 y 4, notamos que en 7 meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 56.11, 78.71 y 81.40 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente y el mínimo en el mes de julio con una magnitud de 22.41, 24.82 y 24.82 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente. Por otro lado, en el cuadro N° 04-M-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 74.71, 93.55 y 96.75 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 10 m³.

h.13.- Oficina de Desarrollo y Registro Académico.

Refiriéndonos al Anexo N° 4-N, se asumieron 3 volúmenes, de 5, 10 y 15 m³, los que arrojaron un porcentaje de ahorro anual de agua potable de 43.07, 49.10 y 50.35 % respectivamente (ver cuadro 04-N-3). Así mismo se observa en el esquema N° 04-N-1 que en ningún mes la oferta sobrepasa a la demanda y el mes de mayor oferta es marzo con 164.67 m³ y de menor oferta es en julio con 47.34 m³. Por otro lado, observando los esquemas N° 04-N-2, 3 y 4, notamos que en 7 meses el uso de agua de lluvia es mayor que el de agua potable siendo el máximo en el mes de marzo con una magnitud de 64.24, 77.80 y 78.64 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente y el mínimo en el mes de julio con una magnitud de 23.12, 23.71 y 23.71 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente. Por otro lado, en el cuadro N° 04-N-3 se muestra también el porcentaje aprovechado del total de la oferta anual que es de 84.39, 96.21 y 98.67 % para los tanques de 5, 10 y 15 respectivamente. Con toda esta información el volumen del tanque de almacenamiento que ofrece un mayor potencial de ahorro de agua potable y mayor aprovechamiento de la oferta pero que aún es económicamente viable y es el que adoptamos es de 10 m³.

i) Cálculo del sistema de suministro de agua de lluvia.

La red de distribución se calculó empleando el método de Hunter, descrito en la norma IS.010 y los resultados se presentan en el Anexo. 2. La ubicación de los tramos de las redes, del tanque cisterna y otros datos se muestran en los planos del Anexo. 5.

Por otro lado, los diseños de los sistemas de bombeo se pueden apreciar detalladamente en el Anexo 2. Pero a manera de resumen, se presentan en los siguientes cuadros datos de cada sistema.

CUADRO N° 3.87: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FCA. (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque elevado
Caudal de Bombeo	2.17 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	2.00 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.50 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	1.00 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.88: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FIAI. (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque elevado
Caudal de Bombeo	2.06 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	2.00 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.50 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.75 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.89: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA (RIEGO). (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque hidroneumático
Caudal de Bombeo	1.29 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	1.50 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.25 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.75 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.90: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL COMPLEJO DEPORTIVO – CIUDAD UNIVERSITARIA (SS.HH.). (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque hidroneumático
Caudal de Bombeo	0.75 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	1.25 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.00 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.25 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.91: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FCE (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque elevado
Caudal de Bombeo	1.85 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	2.00 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.50 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.75 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.92: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL LAB. DE PROC. TECN. AGROIND. DE LA FIAI (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque hidroneumático
Caudal de Bombeo	0.69 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	1.25 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.00 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.25 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.93: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN EL COMEDOR UNIVERSITARIO (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque elevado
Caudal de Bombeo	1.14 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	1.50 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.25 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.50 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.94: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FICA (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque elevado
Caudal de Bombeo	1.76 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	2.00 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.50 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	1.00 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.95: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FACULTAD DE DERECHO (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque elevado
Caudal de Bombeo	2.01 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	2.00 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.50 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	1.00 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.96: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN VIDEO CONFERENCIAS (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque hidroneumático
Caudal de Bombeo	0.90 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	1.25 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.00 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.50 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.97: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LOS LAB. DE FORM. GRAL. Y FACULTAD DE EDUCACIÓN Y HUMANIDADES (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque hidroneumático
Caudal de Bombeo	1.83 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	2.00 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.50 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.75 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.98: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FCS (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque hidroneumático
Caudal de Bombeo	1.56 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	1.50 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.25 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.75 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.99: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA FISI (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque hidroneumático
Caudal de Bombeo	1.60 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	1.50 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.25 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	0.75 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.100: DATOS DEL SISTEMA DE BOMBEO EN LA ODRA (m³)

DESCRIPCIÓN	VALOR
Tipo de sistema	Sistema Indirecto con tanque hidroneumático
Caudal de Bombeo	2.27 Lt/seg
Diametro de la tubería de succión	2.00 pulg
Diametro de la tubería de impulsión	1.50 pulg
Material de la tubería	PVC
Eficiencia teórica de la bmba	60%
Potencia requerida del motor	1.00 HP

FUENTE: Elaboración Propia.

IV. RESULTADOS

4.1. Usos en los que el agua de lluvia puede reemplazar al agua potable dentro de la ciudad universitaria de la UNSM.

Los usos identificados son:

- Limpieza de los inodoros y urinario en los diversos SS.HH.
- Riego de plantas.
- Destilación de agua para laboratorios de la FCA.

4.2. Demanda.

La demanda diaria identificada es de 109.02 m³/día y la demanda anual es de 35861.47 m³ solo en los usos mencionados en el anterior acápite. Por otro, lado los resultados se observan mejor en los siguientes cuadros y figura.

CUADRO N° 4.1: DEMANDA DIARIA POR SISTEMA DE APROVECH. DE AGUAS PLUVIALES (m³)

ITEM	SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES	DEMANDA DIARIA (m ³ /día)
1	FCA	8.51
2	FIAI	3.81
3	COMPLEJO DEP. (RIEGO)	max 38.98
4	COMPLEJO DEP. (SS.HH.)	0.60
5	FCE	8.04
6	LAB. DE PROC. AGROIND. DE LA FIAI	0.38
7	COMEDOR UNIVERSITARIO	5.63
8	FICA	6.21
9	FD	9.14
10	VIDEO CONFERENCIAS	0.14
11	LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH	5.99
12	FCS	7.05
13	FISI	8.10
14	ODRA	6.44
TOTAL		109.02

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 4.2: DEMANDA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA(m³)

MES	DEMANDA (m ³)
ENERO	3086.04
FEBRERO	2651.85
MARZO	2541.43
ABRIL	2553.41
MAYO	2941.21
JUNIO	3077.33
JULIO	3379.56
AGOSTO	3376.20
SETIEMBRE	3159.74
OCTUBRE	3156.66
NOVIEMBRE	2843.21
DICIEMBRE	3094.81
TOTAL	35861.47

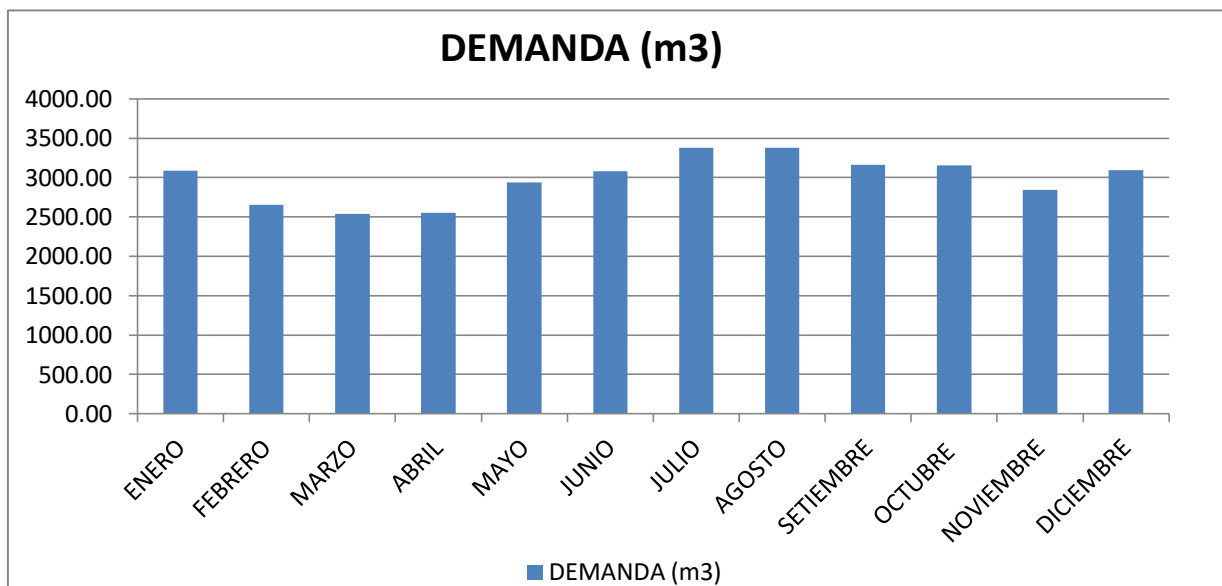
FUENTE: Elaboración Propia.

4.1. Área de Captación.

El área de total de techos es de 20330.84 m² pero el área utilizada o área de captación es de 17344.60 m², es decir un 85.32 % del total, y se observa en el cuadro N° 4.3.

4.2. Oferta.

La oferta anual de agua de lluvia en toda la ciudad universitaria es de 19606.75 m³ pero la oferta anual aprovechada es de 16917.28 m³ y la oferta mensual se puede observar mejor en los cuadros N° 3.105 y 3.106 y esquema N° 3.30 y 3.31.



ESQUEMA N° 4.1: DEMANDA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m³).
FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 4.3: ÁREAS DE CAPTACIÓN POR SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES (m³)

ITEM	SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES	ÁREA DE TOTAL (m2)	ÁREA DE CAPTACIÓN (m2)
1	FCA	2499.62	2455.57
2	FIAI	1083.73	1083.73
3	COMPLEJO DEP. (RIEGO)	1706.86	1578.78
4	COMPLEJO DEP. (SS.HH.)	166.93	166.93
5	FCE	1084.16	1084.16
6	LAB. DE PROC. AGROIND. DE LA FIAI	1743.70	173.78
7	COMEDOR UNIVERSITARIO	1423.41	1399.31
8	FICA	2614.90	2544.27
9	FD	1621.70	1461.53
10	VIDEO CONFERENCIAS	610.81	223.71
11	LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH	1914.64	1729.71
12	FCS	1040.64	978.43
13	FISI	1731.71	1400.63
14	ODRA	1088.03	1064.06
TOTAL		20330.84	17344.60

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3. Potencial de ahorro de Agua Potable.

El potencial de ahorro anual de agua Potable en toda la ciudad universitaria es de 70.67 %. Por otro lado, el mes de mayor uso de agua de lluvia es marzo y su porcentaje es de 80.88 %.

CUADRO N° 4.4: OFERTA ANUAL POR SISTEMA DE APROVECH. DE AGUAS PLUVIALES (m³)

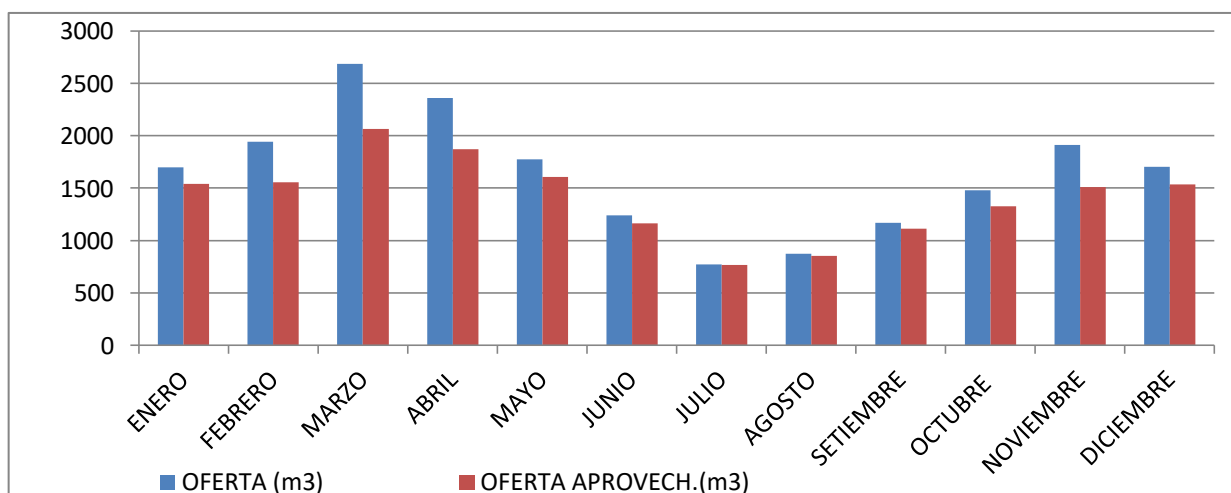
ITEM	SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES	OFERTA ANUAL TOTAL (m ³)	OFERTA ANUAL APROVECHADA (m ³)
1	FCA	2775.84	2315.03
2	FIAI	1225.07	1078.72
3	COMPLEJO DEP. (RIEGO)	1784.69	1799.92
4	COMPLEJO DEP. (SS.HH.)	188.70	162.92
5	FCE	1225.56	1186.24
6	LAB. DE PROC. AGROIND. DE LA FIAI	196.45	131.12
7	COMEDOR UNIVERSITARIO	1581.81	1407.47
8	FICA	2876.10	1912.49
9	FD	1652.15	1540.79
10	VIDEO CONFERENCIAS	252.89	51.24
11	LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH	1955.31	1616.15
12	FCS	1106.04	1076.80
13	FISI	1583.31	1481.11
14	ODRA	1202.84	1157.27
TOTAL		19606.75	16917.28

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 4.5: OFERTA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVER. (m³)

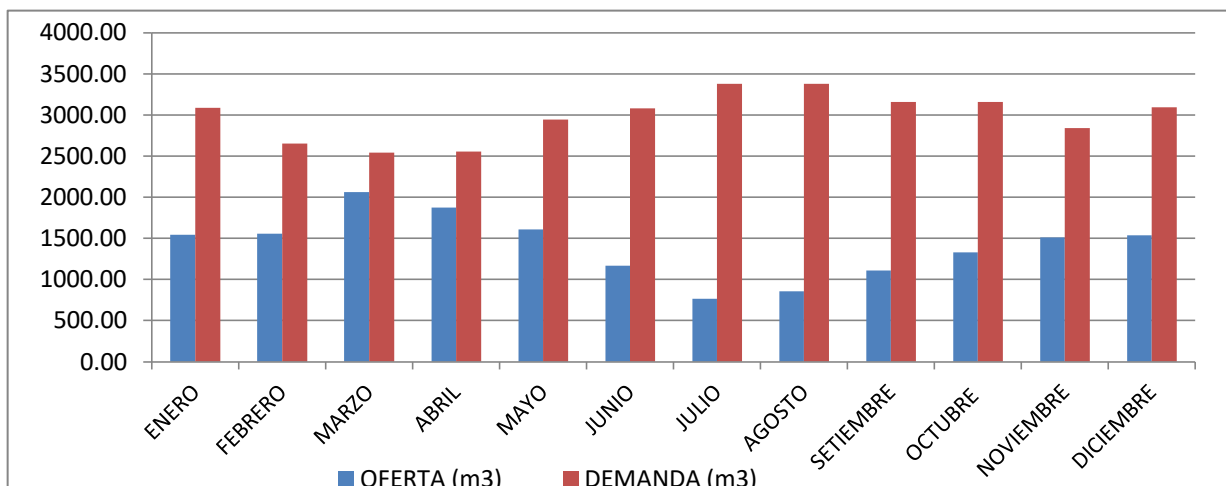
MES	OFERTA (m ³)	OFERTA APROVECH.(m ³)
ENERO	1695.75	1541.23
FEBRERO	1944.82	1554.57
MARZO	2684.25	2063.17
ABRIL	2360.25	1872.88
MAYO	1773.59	1607.11
JUNIO	1238.96	1166.24
JULIO	771.63	767.79
AGOSTO	876.11	855.07
SETIEMBRE	1166.81	1111.81
OCTUBRE	1480.54	1328.24
NOVIEMBRE	1913.18	1512.38
DICIEMBRE	1700.88	1536.78
TOTAL	19606.75	16917.28

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 4.2: OFERTA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 4.3: COMPARACIÓN ENTRE LA OFERTA APROVECHADA Y LA DEMANDA MENSUAL DE TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 4.6: POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE (m³)

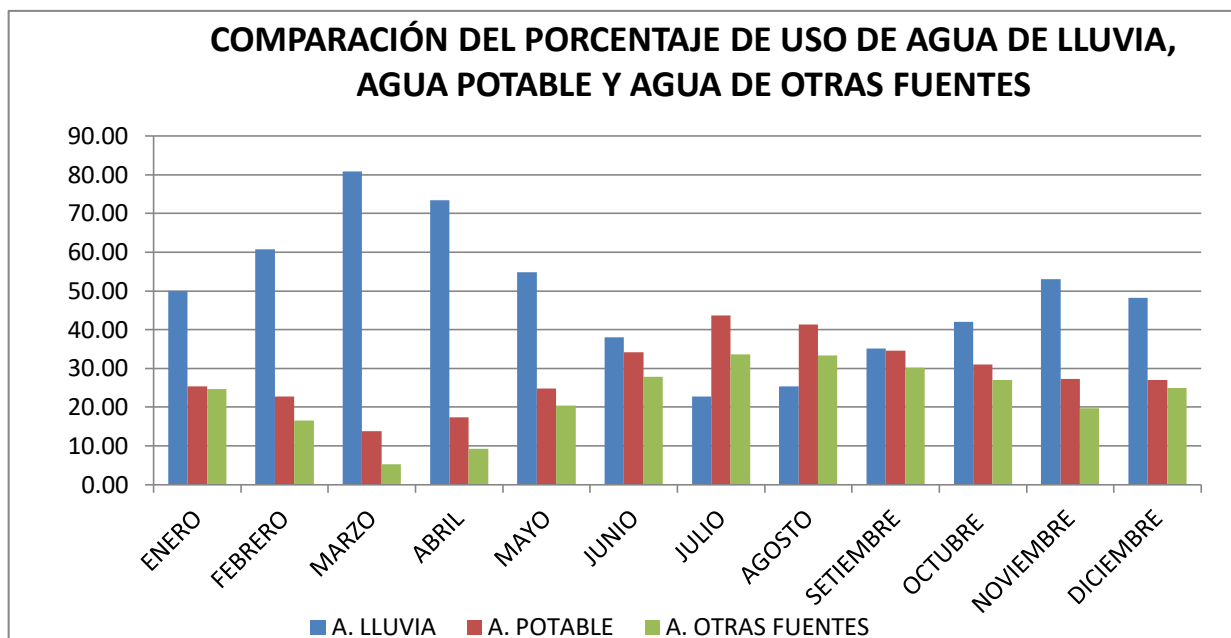
ITEM	SISTEMA DE APROV. DE AGUAS PLUVIALES	VOL. TANQUE DE ALMA. (m3)	A. LLUVIA		A. POTABLE		A. OTRAS FUENTES	
			VOL (m3)	%	VOL (m3)	%	VOL (m3)	%
1	FCA	15.00	2315.03	74.33	799.63	25.67	-	-
2	FIAI	10.00	1078.72	77.36	315.74	22.64	-	-
3	COMPLEJO DEP. (RIEGO)	40.00	1799.92	17.60	-	-	8426.91	82.40
4	COMPLEJO DEP. (SS.HH.)	1.20	162.92	74.19	56.68	25.81	-	-
5	FCE	10.00	1186.24	40.31	1756.40	59.69	-	-
6	LAB. DE PROC. AGROIND. DE LA FIAI	1.20	131.12	94.28	7.96	5.72	-	-
7	COMEDOR UNIVERSITARIO	10.00	1407.47	68.30	653.11	31.70	-	-
8	FICA	10.00	1912.49	84.14	360.37	15.86	-	-
9	FD	10.00	1540.79	46.06	1804.45	53.94	-	-
10	VIDEO CONFERENCIAS	1.20	51.24	100.00	0.00	0.00	-	-
11	LAB. DE FORM. GRAL. Y FEH	10.00	1616.15	73.72	576.19	26.28	-	-
12	FCS	10.00	1076.80	41.73	1503.50	58.27	-	-
13	FISI	10.00	1481.11	49.96	1483.49	50.04	-	-
14	ODRA	10.00	1157.27	49.10	1199.77	50.90	-	-
TOTAL			16917.28 m3		10517.28 m3		8426.91 m3	
DEMANDA TOTAL			35861.47 m3					
PORCENTAJE CON RESPECTO A LA DEMANDA TOTAL			47.17 %		29.33 %		23.50 %	
POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE			70.67 %					

FUENTE: Elaboración Propia.

CUADRO N° 4.7: COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE USO DE AGUA DE LLUVIA, AGUA POTABLE Y AGUA DE OTRAS FUENTES.

MES	A. LLUVIA		A. POTABLE		A. OTRAS FUENTES	
	VOL (m³)	%	VOL (m³)	%	VOL (m³)	%
ENERO	1541.23	49.94	784.36	25.42	760.45	24.64
FEBRERO	1554.57	60.72	583.58	22.79	422.26	16.49
MARZO	2063.17	80.88	352.40	13.81	135.32	5.30
ABRIL	1872.88	73.44	443.16	17.38	234.24	9.18
MAYO	1607.11	54.82	725.57	24.75	598.77	20.43
JUNIO	1166.24	37.99	1047.73	34.13	855.65	27.87
JULIO	767.79	22.76	1473.69	43.69	1131.65	33.55
AGOSTO	855.07	25.33	1395.92	41.34	1125.33	33.33
SETIEMBRE	1111.81	35.15	1095.59	34.63	955.92	30.22
OCTUBRE	1328.24	42.03	977.77	30.94	854.15	27.03
NOVIEMBRE	1512.38	53.06	778.19	27.30	559.68	19.64
DICIEMBRE	1536.78	48.18	859.32	26.94	793.48	24.88

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 4.4: COMPARACIÓN DEL PORCENTAJE DE USO DE AGUA DE LLUVIA, AGUA POTABLE Y AGUA DE OTRAS FUENTES EN TODA LA CIUDAD UNIVERSITARIA (m³).

FUENTE: Elaboración Propia.

4.4. Diseño Hidráulico del Sistema de Aprovechamiento de Aguas Pluviales.

Los diseños hidráulicos de los sistemas de aprovechamiento de agua de lluvia se muestran en los Anexos 1, 2 y 3, donde se encuentran el dimensionamiento de los tanques de almacenamiento, cálculo de la red de distribución y todos los planos de cada sistema de aprovechamiento planteado en la ciudad universitaria de la UNSM.

V. ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Usos en los que el agua de lluvia puede reemplazar al agua potable dentro de la ciudad universitaria de la UNSM.

Los usos se identificaron tomando en cuenta que el agua de lluvia no tiene las mismas propiedades que el agua potable ya que este pasa por diversos procesos físicos y químicos que lo hacen apta para el consumo humano y para todo uso doméstico habitual incluida la higiene personal. Por ello los usos que no comprometan el consumo humano, son ideales para el agua de lluvia, por otro lado, Pacheco Montes (2008, pág. 43) sugiere que el agua de lluvia se utilice en la limpieza de sanitarios y riego de plantas, pues cabe resaltar que la mejor agua de riego siempre será la lluvia. Adicionalmente a estos usos recomendados, tras consultar con los profesionales responsables de los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agrarias, se concluyó que destilar el agua de lluvia para usarlas en sus laboratorios también sería un uso muy práctico que se le puede dar.

5.2. Demanda

La demanda diaria de agua en los usos antes mencionados que es de 109.02 m³/día para ponerlo en perspectiva, es casi igual a la demanda diaria de agua potable de 677 personas con una dotación de 161 Lt/pers/día según EMAPA San Martin, lo cual nos demuestra que el consumo es muy elevado haciendo que este repercuta notablemente en la población.

Por otro lado, debemos resaltar que el sistema en donde se utiliza mayor volumen de agua es en el Complejo Deportivo (Riego), teniendo un máximo consumo diario de 38.98 m³/día lo que representa el 35.75 % de la demanda diaria total y su uso solo es para regar el gras natural, es decir no cubre una necesidad vital para el ser humano y es más una necesidad secundaria, por esa razón recomendamos que esa demanda sea abastecida tanto por agua de lluvia como por agua obtenida de otras fuentes, por ejemplo el agua subterránea.

Es necesario resaltar que esta demanda fue calculada de acuerdo a la comparación los datos proporcionados por las normas IS-010 y OS-100, y los proporcionados por la empresa EMAPA San Martin que suministra agua potable a la ciudad universitaria, esto con el propósito de acercarnos más a la realidad, sin embargo esta demanda está afectada por muchos factores personales, culturales, políticos y sociales por ello este no es un número rígido pero si representativo para los fines de esta investigación.

5.3. Áreas de Captación

Las superficies de captación que en esta investigación se usaron para diseñar el sistema de aprovechamiento de aguas pluviales son en su totalidad techos de las edificaciones, esto porque estas superficies no están expuestas al tránsito de las personas ni a otros agentes contaminantes que dificulten su uso.

El área de captación representa el 85.32% de la superficie total disponible, esto a razón de que en algunos sistemas no haya sido necesario captar agua en todos los techos ya que el sistema se sobredimensionaría, además, en algunas ocasiones se vuelve dificultoso llevar agua captada en una edificación en donde la superficie de captación sobra, para ser almacenada en otra edificación en donde se requiere de más superficies de captación debido a la distancia y topografía del terreno.

Por otro lado, debemos mencionar la relación directa entre el área de captación y la oferta de agua de lluvia, es decir mientras exista una mayor superficie de captación, habrá una oferta de agua de lluvia mayor. De esa forma la superficie de captación influye mucho en el porcentaje de ahorro de agua potable del sistema. Y ese fue el caso varios sistemas en la presente investigación, como por ejemplo la Facultad de Ciencias Económicas, la Facultad de Ciencias de la salud, la Facultad de Derecho y la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática, en este último fue necesario recolectar agua de lluvia en los techos de los Laboratorios de la Facultad de Ciencias de Salud ya que el área disponible en la misma facultad era insuficiente para cubrir su demanda de manera más eficiente.

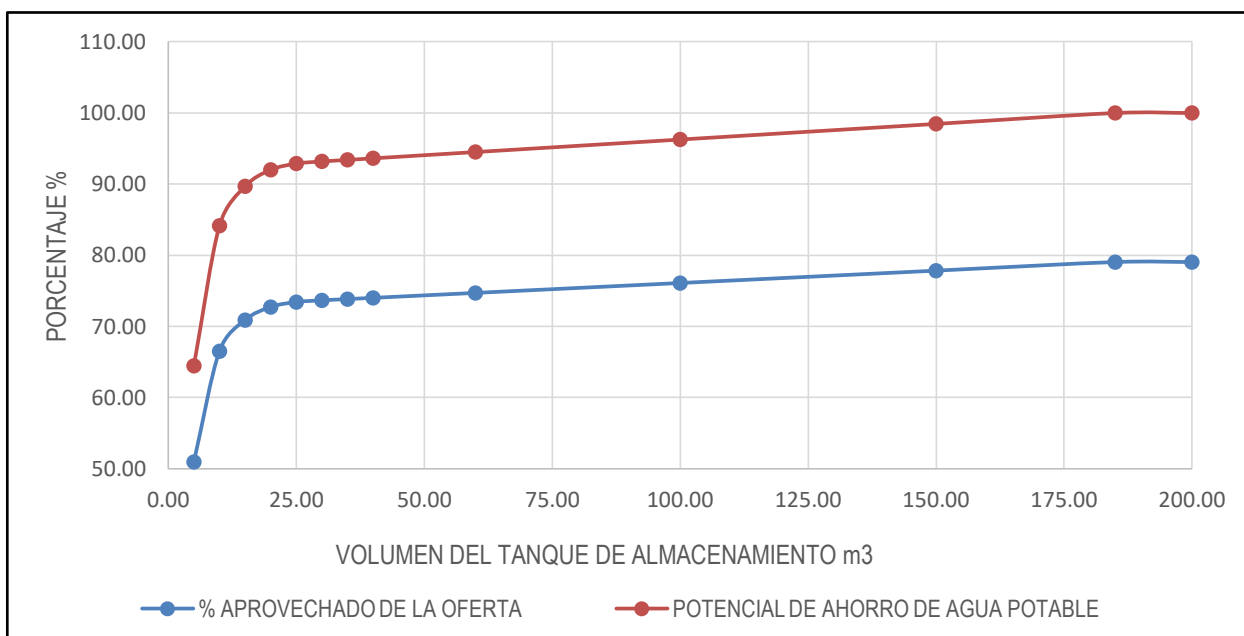
5.4. Oferta

La oferta anual de agua de lluvia en toda la ciudad universitaria es de 19606.75 m³, pero solo 16917.28 m³ son aprovechados, es decir solo el 86.28 % del total, esto debido al diseño que estamos utilizando, ya que si deseáramos captar toda el agua precipitada sin desperdiciar nada se requeriría de tanques de almacenamiento con volúmenes demasiado elevados encareciendo demasiado el sistema. Esto se demuestra en el siguiente ejemplo: en el Anexo N° 01-H se calcula el volumen del tanque de almacenamiento para el sistema de aprovechamiento en la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura por el método utilizado por Grandes Rodríguez que da como resultado para los tanques de 10, 15 y 20 m³ un porcentaje de aprovechamiento de la oferta de 66.50, 70.88 y 72.71 % pero además en el cuadro N° 5.1 se aumentan los resultados para más volúmenes que fueron calculados de la misma manera, por

CUADRO N° 5.1: PORCENTAJE APROVECHADO DE LA OFERTA Y POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE PARA DIVERSOS VOLUMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.

VOL. TANQUE DE ALMACEN.	% APROVECHADO DE LA OFERTA	POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE
5.00	50.93	64.45
10.00	66.50	84.14
15.00	70.88	89.69
20.00	72.71	92.00
25.00	73.41	92.89
30.00	73.65	93.19
35.00	73.82	93.41
40.00	73.99	93.63
60.00	74.69	94.51
100.00	76.08	96.27
150.00	77.82	98.47
185.00	79.03	100.00
200.00	79.03	100.00

FUENTE: Elaboración Propia.



ESQUEMA N° 5.1: PORCENTAJE APROVECHADO DE LA OFERTA Y POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE PARA DIVERSOS VOLUMENES DE TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA.

FUENTE: Elaboración Propia.

otro lado en el esquema N° 5.1 se observa como aumenta el porcentaje aprovechado de la oferta significativamente desde 5 hasta 10 m³ de volumen de tanque, y luego para volúmenes mayores el incremento es leve hasta llegar a 100 % con un volumen de 185 m³ y luego todo aumento de volumen es inútil ya que el potencial de ahorro de agua potable se mantendrá en 100% y el porcentaje de aprovechamiento de la oferta se mantiene en 79.03 %, esto último es porque en este caso la demanda anual (2272.86

m³) es menor que la oferta anual (2876.10 m³) y en este punto ya no hay más demanda que satisfacer; en caso de darse lo contrario, este llegaría a 100% antes que el potencial de ahorro de agua potable y como no habrá más oferta que aprovechar, el potencial de ahorro de agua potable también se mantendrá constante a partir de ese punto. Por todo lo anteriormente explicado, en este sistema se adoptó un volumen de 10 m³ lo cual traería resultados eficientes manteniendo un costo razonable para el sistema.

Por otro lado, también debo mencionar que las facultades que más agua de lluvia aprovechan anualmente son la FCA con 2315.03 m³ y un potencial de ahorro anual de agua potable respecto de su demanda de 74.33 %, en segundo lugar, está la FICA con 1912.49 m³ y un potencial de ahorro anual de agua potable respecto de su demanda de 84.14 %, y en tercer lugar, está el Complejo Deportivo (Riego) con 1799.92 m³ y un potencial de ahorro anual de agua potable respecto de su demanda de 100.00 %

5.5. Potencial de Ahorro de agua potable.

De acuerdo a lo que se mencionó en el marco conceptual, el potencial de ahorro de agua potable es el porcentaje en que disminuye el uso de agua potable en el abastecimiento de la demanda debido al uso de nuevas fuentes de agua. Es así que en el cuadro N° 4.6 se muestra que la demanda anual de agua en los usos identificados de toda la ciudad universitaria es satisfecha con agua de lluvia en un 47.17 %, agua potable en un 29.33 % y agua de otras fuentes en un 23.50%, lo que significa que el potencial anual de ahorro de agua potable es de 70.67 %, es decir siguiendo todas las recomendaciones, conclusiones y resultados de esta investigación se ahorrara 25344.19 m³ de agua potable los que podrían servir para satisfacer la demanda de 431 personas con una dotación de 161 Lt/pers/día. Por otro lado, cabe mencionar que solo con lo que se ahorra con el aprovechamiento de agua de lluvia se podría suministrar agua a 287 personas por un año entero.

Por otro lado, en el mes de marzo se da el máximo aporte de agua de lluvia, abasteciendo la demanda en un 80.88 % mientras que el agua de otras fuentes el 5.30 % y el agua potable solo el 13.81 %, lo que significa que el potencial de ahorro de agua potable es de 94.70%. Sin embargo, en el mes de julio se da el mínimo aporte de agua de lluvia, abasteciendo la demanda en un 22.76 % mientras que el agua de otras fuentes el 33.50 % y el agua potable el 43.69 %, lo que significa que el potencial de ahorro de agua potable es de 56.31 %.

5.6. Diseño del sistema de suministro de agua de lluvia

En términos generales la red de conducción consta de canaletas, de bajantes de agua de lluvia, de tanques interceptores de primeras aguas, y de la tubería que lleva el agua hasta el tanque de almacenamiento. Por otro lado, si bien es cierto el interceptor, recolecta las primeras aguas precipitadas que llevan consigo las impurezas que puedan encontrarse en la superficie de captación y según recomendaciones del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria esto sería suficiente para llevar agua limpia al tanque de almacenamiento, sin embargo, se recomendaría usar adicionalmente a estos tanques, filtros antes de almacenar el agua, aunque según los usos identificados en esta investigación el agua no requeriría de mayores procesos de filtración para poder ser utilizada, pero no está demás ser precavido. En esta investigación no consideramos estos filtros debido a que no se encuentran en el mercado nacional y traerlo de exportación encarecería el sistema.

Para esta investigación solo consideramos usar dos tipos de sistema indirecto de suministro, primero el que utiliza un tanque cisterna, un equipo de bombeo y un tanque elevado y segundo el que utiliza un tanque cisterna, equipo de bombeo y un tanque hidroneumático. El uso de estos varía en cada sistema de aprovechamiento y depende de los criterios del diseñador. El cálculo de estos sistemas se muestra en el Anexo 2.

Adicionalmente a esto, el factor que hace posible que este sistema de aprovechamiento de aguas pluviales sea dual, es decir que use agua de lluvia y agua potable es la válvula solenoide, la misma que es un válvula que se activa por impulsos eléctricos, y la manera automática que encontramos de activar y desactivar esta válvula es conectándola con un flotador eléctrico, el mismo que se encuentra en los tanques elevados para el primer tipo de sistema de suministro y en los tanques cisternas para el segundo tipo. Cuando se encuentra en los tanques elevados la válvula se abrirá cuando el electro nivel se encuentre 10 cm abajo del nivel de arranque de bombas y se cerrará cuando este en el nivel de parada de bombas. Por otro lado, cuando la válvula se encuentre en el tanque cisterna, la válvula se abrirá cuando el electro nivel se encuentre en el nivel de parada de bombas y se cerrará cuando el electro nivel este 10 cm abajo del nivel máximo de agua de lluvia que coincide con la tubería de rebose.

El excedente de agua de lluvia será conducido por una tubería de rebose cuyos detalles se muestran en los planos del Anexo N° 3, ya que no todos los días será posible recolectar toda el agua precipitada debido al dimensionamiento de los tanques que ya explicamos.

La red de distribución, que es la encargada de llevar el agua de lluvia a los puntos de consumo se trazó siempre teniendo en cuenta las dificultades que podrían presentarse durante la construcción del sistema, es decir se trató de minimizar el rompimiento de pisos llevando la mayor parte de tuberías por las paredes ya que es menos perjudicial para la estructura de la edificación picar una pared que picar una losa aligerada.

5.7. Contrastación de la hipótesis:

La hipótesis hecha de que “con un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales se lograría contribuir en el ahorro de agua potable en la ciudad universitaria de la UNSM reduciendo su consumo en los usos identificados, a menos del 50%” debe ser evaluada de la siguiente manera: este ahorro de agua potable depende de las superficies de captación disponibles y aprovechadas, de la precipitación pluvial de la zona es decir la oferta hídrica, de los usos identificados para el agua de lluvia, el diseño hidráulico del sistema de aprovechamiento de aguas pluviales dentro del cual el factor con mayor influencia en los resultados finales es el volumen del tanque de almacenamiento, el tiempo de evaluación del sistema y por último el factor económico. Así que con todos estos factores influyentes en el resultado que se determinaron por las razones ya expuestas en los párrafos anteriores el aprovechamiento de aguas pluviales contribuye a un ahorro de agua potable en toda la ciudad universitaria en un 47.17 % respecto de la demanda anual en los usos identificados lo cual es muy cercano a 50 %, pero además en los meses de febrero, marzo, abril, mayo y noviembre los porcentajes de ahorro de agua potable son de 60.72, 80.88, 73.44, 54.82 y 53.06 % respectivamente mientras que en los demás meses el potencial de ahorro de agua potable debido al aprovechamiento de agua de lluvia son levemente menores del 50%. Es así que concluimos diciendo que “la hipótesis es válida”.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

→ Que los usos identificados en toda la ciudad universitaria son: la limpieza de inodoros y urinarios, el riego de plantas y destilación de agua para los laboratorios de la FCA.

→ Que el coeficiente de variabilidad de la precipitación anual total es de 11.65 % lo que significa que la precipitación anual en los años analizados varía mínimamente, además el coeficiente de variabilidad promedio de la precipitación mensual total es de 42.20 %, que significa que la precipitación mensual en los años analizados varía moderadamente, razones por las cuales se decidió calcular la oferta utilizando el valor promedio de las precipitaciones pluviales.

→ Que la demanda diaria en los usos identificados en toda la ciudad universitaria de la UNSM es $109.02 \text{ m}^3/\text{día}$ mientras que la demanda anual es de 35861.47 m^3 .

→ Que la oferta hídrica anual de agua de lluvia en toda la ciudad universitaria es de 19606.75 m^3 , pero solo 16917.28 m^3 son aprovechados, es decir solo el 86.28 % del total. Pero además también quiere decir que 16917.28 m^3 de agua de lluvia dejarán de escurrir por las cunetas y alcantarillas lo que permitirá aliviar la congestión de estas.

→ Que el potencial anual de ahorro de agua potable es de 70.67 %, es decir siguiendo todas las recomendaciones, conclusiones y resultados de esta investigación se ahorrarán 25344.19 m^3 de agua potable los que podrían servir para satisfacer la demanda de 431 personas con una dotación de 161 Lt/pers/día durante todo el día y por un año entero sin presionar al ecosistema. Pero además también debo decir que 25344.19 m^3 de agua potable ya no serán facturadas en el recibo de agua de la ciudad universitaria lo que conllevará por su puesto a un ahorro económico tremendo.

→ Que el potencial anual de ahorro de agua potable solo debido al aprovechamiento de las aguas pluviales es de 47.17 % es decir que solo con lo que se ahorra con el aprovechamiento de agua de lluvia se podría suministrar agua por todo el día a 287 personas con una dotación de 161 Lt/pers/día por un año entero sin presionar al ecosistema.

→ Que en el mes de marzo se da el máximo aporte de agua de lluvia, abasteciendo la demanda en un 80.88 % es decir con 2063.17 m^3 mientras que el agua de otras fuentes el 5.30 % es decir con 135.32 m^3 y el agua potable solo el 13.81 % es decir con 352.40 m^3 , lo que significa que el potencial de ahorro de agua potable es de 94.70% es

decir de 2198.49 m³, poniéndolo en perspectiva significa que con todo lo ahorrado en este mes se podría suministrar agua por todo el día a 455 personas con una dotación de 161 Lt/pers/día durante un mes entero sin presionar al ecosistema.

→ Que en el mes de julio se da el mínimo aporte de agua de lluvia, abasteciendo la demanda en un 22.76 % es decir con 767.79 m³ mientras que el agua de otras fuentes el 33.50 % es decir con 1131.65 m³ y el agua potable el 43.69 % es decir 1473.69 m³, lo que significa que el potencial de ahorro de agua potable es de 56.31 % es decir de 1899.43 m³, poniéndolo en perspectiva significa que con todo lo ahorrado en este mes se podría suministrar agua por todo el día a 393 personas con una dotación de 161 Lt/pers/día durante un mes entero sin presionar al ecosistema.

→ Que los diseños hidráulicos de estos sistemas calculados en esta investigación varían ya que las superficies, la demanda, la topografía y la arquitectura de las edificaciones no son las mismas, y si nos encontráramos en un lugar en donde las precipitaciones pluviales no son similares a la zona en estudio este diseño variaría aún mucho más, es decir cada sistema debe ser diseñado de acuerdo a los parámetros particulares de su ubicación para poder obtener una eficiencia óptima.

→ Que la implementación de los sistemas de aprovechamiento de aguas pluviales en la ciudad universitaria traería como consecuencia un mayor número de horas de suministro de agua potable en la comunidad adyacente lo que significa que el resultado no solo se sentirá dentro de la ciudad universitaria, en cambio los efectos también serán notorios en la población adyacente, y este efecto sería aún mayor si se implementara en todas las viviendas de las ciudades de Tarapoto, Morales y Banda de Shilcayo lo que permitiría aliviar tremendamente al ecosistema de nuestras fuentes de agua potable.

→ Que el uso de un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales con suministro dual donde al agotarse el agua de lluvia en el tanque de almacenamiento este se llenara nuevamente, pero con agua potable, garantizara el abastecimiento constante de agua.

RECOMENDACIONES

→ Se recomienda que en el sistema de aprovechamiento de aguas pluviales del Complejo Deportivo – Ciudad Universitaria (Riego) el suministro sea dual pero de ninguna manera con agua potable, sino con agua obtenida de otras fuentes como es el caso de aguas subterráneas, o también se podría aumentar la oferta de agua de lluvia

captando de otras superficies, como pistas, veredas y estacionamientos, esto se recomienda ya que el riego de gras natural no es una necesidad vital sino mas bien un uso secundario pero si tiene una demanda muy elevada con respecto al de los demas sistemas, por otro lado el agua de lluvia siempre será el ideal para regar las plantas.

→ Se recomienda que la implementación de un sistema de aprovechamiento de aguas pluviales se realice durante el proceso constructivo de las edificaciones, de esa manera se vuelve más fácil y económico la implementación del sistema.

VII. **BIBLIOGRAFÍA**

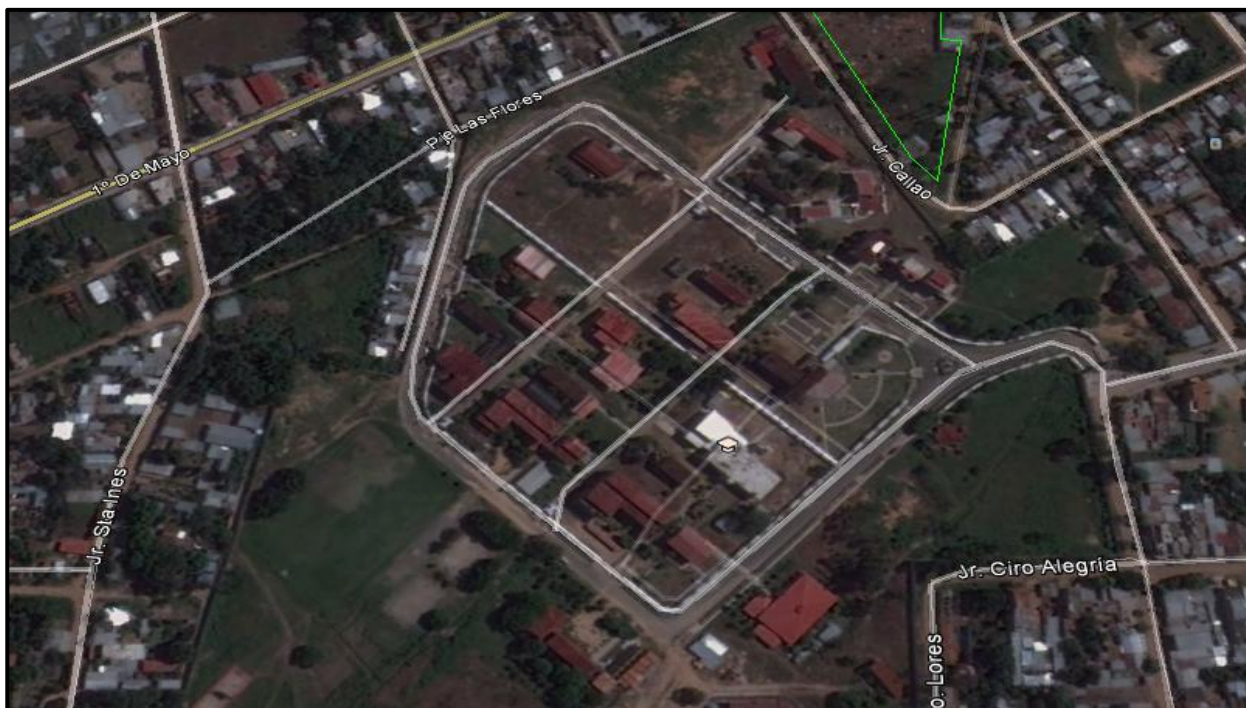
- Anaya, M. (2009). *Antecedentes de la Captación del Agua de Lluvia*. México.
- Ancajima, R. (12 de Abril de 2016). *Hidráulica inca*. Obtenido de <https://hidraulicainca.com/acerca-de/uso-ancestral-del-agua-en-el-peru/>
- Aqua España. (2010). *Guía Técnica de Aprovechamiento de Aguas Pluviales en Edificios*. Barcelona, España.
- Banco Mundial. (2017). *BANCO MUNDIAL*. Obtenido de <http://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>
- Bartra, O., & Ibañez, H. (1995). *Saneamiento Básico y Pluvial de la Ciudad Universitaria - UNSM* (Vol. I). Tarapoto, PERÚ.
- Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. (2001). *Guía de Diseño para captación del Agua de Lluvia*. Lima.
- Chereque, W. (1989). *Hidrología : Para estudiantes de Ingeniería Civil*. Lima, Perú.
- Cordova, I. (29 de Octubre de 2012). *Aprovechamiento de Aguas Pluviales*. Obtenido de http://cecyt4aprovechamientodeaguas.blogspot.pe/2012_10_01_archive.html
- Critchley, W., & Siegert, K. (1996). *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia*. (Vol. Tomo I: Bases Técnicas y Experiencias en África y Asia.). Santiago, Chile.
- Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud. (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima, Perú.
- Formagiarini, R., Munarim, U., & Ghisi, E. (06 de Setiembre de 2011). *Scielo Brasil*. Obtenido de http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212011000400005
- Grandéz, P. (2014). *Aprovechamiento de Agua de Lluvia, para Optimizar el Uso de Agua Potable Residencial*. Lima, Perú.
- Hidro Soluciones pluviales. (s.f.). *Hidropluviales*. Obtenido de <http://hidropluviales.com/captacion-agua-de-lluvia/>
- Ministerio de Vivienda. (8 de Junio de 2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma IS-010 Instalaciones Sanitarias Para Edificaciones*. *El Peruano*.
- Ministerio de Vivienda. (2006). *Reglamento Nacional de Edificaciones - Norma OS-100 Consideraciones Básicas de Diseño de Infraestructura Sanitaria*. *El Peruano*.
- Noriega, J. L. (2002). *Diseño Hidráulico del Sistema de Drenaje Pluvial Urbano de la Ciudad De Calzada*. Tarapoto.

- OKDIARIO. (7 de Marzo de 2017). *OKDIARIO*. Obtenido de <https://okdiario.com/curiosidades/2017/03/07/cuanta-agua-hay-planeta-tierra-805673>
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. (Abril de 2013). *Captación y Almacenamiento de Agua de Lluvia: Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe*. Santiago, Chile.
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN FAO. (s.f.). *FAO CORPORATE REPOSITORY*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/X0490E/x0490e0b.htm>
- Organización Mundial de la Salud, Organización Panamericana de la Salud. (2009). *Guías técnicas sobre saneamiento, agua y salud - Guía técnica N° 09: Cantidad mínima de agua necesaria para uso domestico*. Suiza.
- Pacheco, M. (2008). Avances en la Gestión Integral del Agua Lluvia (GIALL): Contribuciones al consumo sostenible del agua, el caso de "Lluviatl" en México. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 42-43.
- Rotoplas. (s.f.). *Soluciones para Almacenamiento, Cisternas Equipadas, Manual de instalación y Mantenimiento*. Obtenido de TECNOTANQUES web Site: <http://www.tecnotanques.com>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (Abril de 2017). *SENAMHI*. Obtenido de <http://www.peruclima.pe/>
- Wikipedia. (27 de Setiembre de 2016). *Wikipedia*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org/wiki/And%C3%A9n_\(agricultura\)](https://es.wikipedia.org/wiki/And%C3%A9n_(agricultura))

VIII. ANEXOS

8.1. ANEXO N° 01: PANEL FOTOGRÁFICO.

Vista desde el espacio de toda la ciudad universitaria de la universidad Nacional De San Martín.



FUENTE: SOFTWARE GOOGLE EART

Vista del Complejo Deportivo – Ciudad Universitaria



FUENTE: PROPIA

Vista del Comedor Universitario



FUENTE: PROPIA

Vista de las aulas de la Facultad de Ciencias Agrarias



FUENTE: PROPIA

Vista de las oficinas administrativas de la Facultad de Ciencias Agrarias



FUENTE: PROPIA

Vista del Orquideario, que es un vivero al que se proyectó suministrar a agua de lluvia.



FUENTE: PROPIA

Vista de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura y una gran parte de la ciudad universitaria de la UNSM.



FUENTE: PROPIA

Vista de las Oficinas Administrativas de Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.



FUENTE: PROPIA

Vista de los Laboratorios de Procesos Tecnológicos Agroindustriales de la FIAI.



FUENTE: PROPIA

Vista de la Facultad de Derecho



FUENTE: PROPIA

Vista de los Laboratorios de Formación General



FUENTE: PROPIA

Vista de los SS.HH. de la Facultad de Educación y Humanidades.



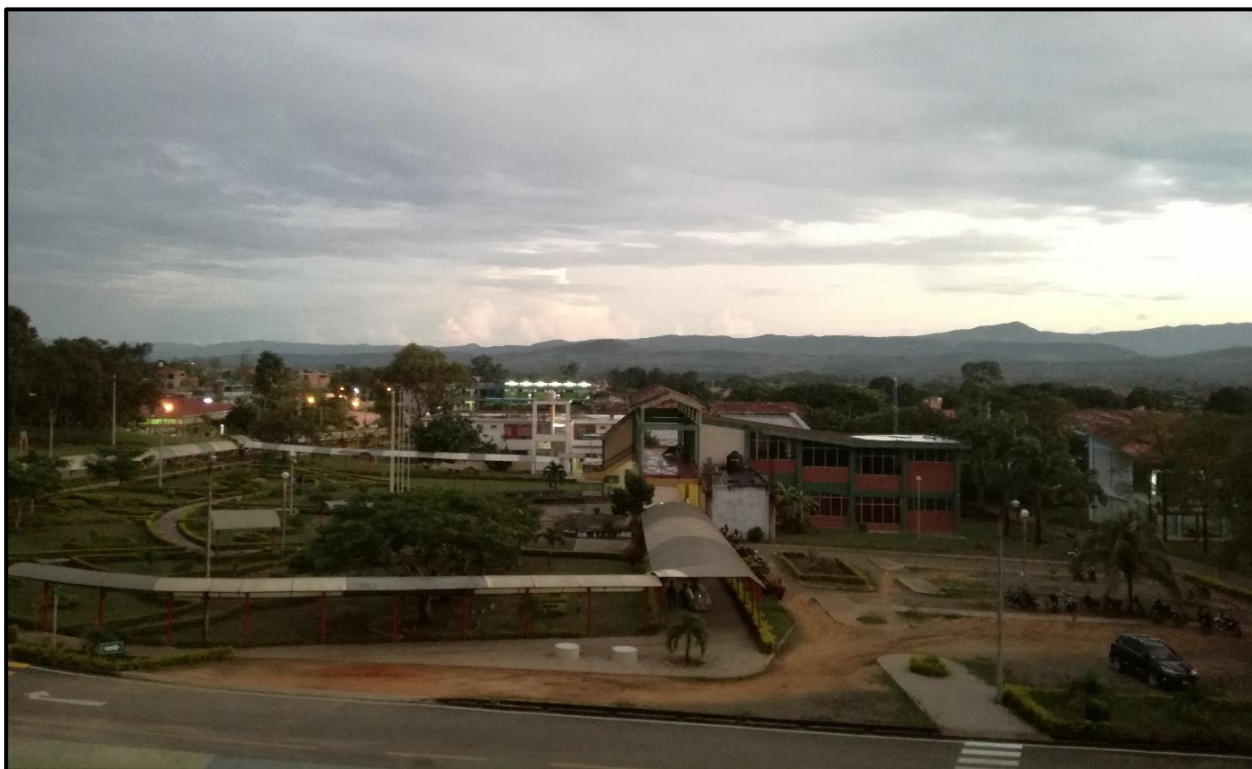
FUENTE: PROPIA

Vista de la edificación de Videos Conferencias.



FUENTE: PROPIA

Vista de la Ciudad Universitaria donde además se observa la Oficina de Video Conferencias



FUENTE: PROPIA

Vista de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática



FUENTE: PROPIA

Vista de la parte trasera de las Oficinas administrativas de Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática.



FUENTE: PROPIA

Vista de la Oficina de Desarrollo y Registro Académico



FUENTE: PROPIA

Vista de la ciudad Universitaria donde además se observa parte de la FIAI



FUENTE: PROPIA

8.2. ANEXO N° 02: CÁLCULO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN Y SISTEMA DE SUMINISTRO INDIRECTO EN TODOS LOS SISTEMAS PLANTEADOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA.

8.3. ANEXO N° 03: CÁLCULO DE LA PRECIPITACIÓN NETA

8.4. ANEXO N° 04: CÁLCULO DEL VOLÚMEN DE LOS TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y POTENCIAL DE AHORRO DE AGUA POTABLE DE TODOS LOS SISTEMAS PLANTEADOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA.

8.5. ANEXO N° 05: PLANOS DE TODOS LOS SISTEMAS PLANTEADOS EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA